LA EXPERIENCIA: REQUISITO PARA LA VISIBILIDAD, LA DIVULGACIÓN Y EL IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

TOMO 3

Serie DIARIO DE CAMPO

JUAN ALBERTO BLANCO PUENTES
EDITOR ACADÉMICO

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
SELLO EDITORIAL

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

LA EXPERIENCIA: REQUISITO PARA LA VISIBILIDAD, LA DIVULGACIÓN Y EL IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

TOMO 3

Serie DIARIO DE CAMPO

JUAN ALBERTO BLANCO PUENTES
EDITOR ACADÉMICO

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
SELLO EDITORIAL

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

© 2018 – SELLO EDITORIAL UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
Bogotá D. C.

DIARIO DE CAMPO
La experiencia: requisito para la visibilidad, la divulgación y el impacto de la investigación (Tomo III)

Autor: Juan Alberto Blanco Puentes (Editor Académico - Oficina de Investigaciones)
Calle 28 No. 5 B – 02 PBX 2418800 – Ext. 251
ISBN: 978 - 958 - 8359 - 83 - 0

Olga Lucia Díaz Villamizar
Rectora

María del Pilar Jiménez Márquez
Vicerrectora Académica

Ana Isabel Mora Bautista
Vicerrectora Administrativa

Comité Editorial Institucional
María del Pilar Jiménez Márquez
Vicerrectora Académica

Claudia Consuelo González Ramírez
Jefe Oficina de Investigaciones

Julián Vargas Bedoya
Jefe División de Promoción y Relaciones Interinstitucionales

Carmen Cecilia Admonacid Urrego
Decana Designada por el Consejo Académico

Diana María Sánchez Caicedo
Representante de los docentes ante el Consejo Superior Universitario

Leonardo Montenegro
Representante de las revistas institucionales

Juan Alberto Blanco Puentes
Editor – Sello Editorial
Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Diseño, diagramación, impresión y acabados
Corrección de estilo
Editorial Scripto SAS
Calle 76 Bis No. 20 C – 19 Bogotá D. C.

Derechos reservados de autor.
Se autoriza la reproducción parcial o total de los textos de este documento siempre y cuando se realice la referencia bibliográfica correspondiente
Impreso en Colombia / Printed in Colombia

CONTENIDO

PÁG.

PRESENTACIÓN ____ 7

Juan Alberto Blanco Puentes

CAPÍTULO 1 ____ 15

EL JUEGO COMO ESTRATEGIA LÚDICA DE APRENDIZAJE DEL INGLÉS
COMO LENGUA EXTRANJERA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE TURISMO Y TRABAJO SOCIAL
Judy Carolina Alfonso Rojas

CAPÍTULO 2 ____ 27

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE *ACANTHAMOEBA SPP.*
OBTENIDAS DE MUESTRAS DE AGUA DE LA CABECERA MUNICIPAL DE LETICIA, AMAZONAS
Sara Lilia Ávila de Navia
Sandra Mónica Estupiñán Torres

CAPÍTULO 3 ____ 37

MICROORGANISMOS Y AGUA DE RIEGO
EN CULTIVOS URBANOS Y PERIURBANOS, BOGOTÁ, COLOMBIA
Ligia Consuelo Sánchez Leal
Lucía Constanza Corrales Ramírez
Martha Lucía Posada Buitrago

CAPÍTULO 4 ____ 47

AISLAMIENTOS DE ESTREPTOCOCOS
Y CÁNDIDA DE CAVIDAD BUCAL EN NIÑOS
Silvia Eugenia Campuzano Fernández
Yolanda Sánchez

CAPÍTULO 5 ____ 60

BASE MULTIMEDIAL PARA EL RECONOCIMIENTO
DE LOS ELEMENTOS PATRIMONIALES EN LOS SEIS NÚCLEOS FUNDACIONALES DE BOGOTÁ
Martha Cecilia Torres López
Claudia Marleny Rodríguez Colmenares

PÁG.

CAPÍTULO 6 ____ 75

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PIÑA CON FINES DE EMPRENDIMIENTO
Silvia Eugenia Campuzano Fernández
Vilma Yamile Martínez Granados

CAPÍTULO 7 ____ 89

PRODUCCIÓN BIOTECNOLÓGICA DE AROMAS
A PARTIR DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES
Judith Elena Camacho Kurmen
Ana Graciela Lancheros Díaz

CAPÍTULO 8 ____ 103

ESTADO DEL ARTE DE LA CONTRIBUCIÓN A LA PAZ
DEL COOPERATIVISMO AGROPECUARIO EN EL POSCONFLICTO EN NICARAGUA, EL SALVADOR Y GUATEMALA
Rubén Darío Páez Sánchez
Hernán Rodríguez Coy

CAPÍTULO 9 ____ 122

LA VIOLENCIA SEXUAL Y LA VIOLENCIA BASADA EN GÉNERO,
EN EL MARCO DEL CONFLICTO ARMADO EN COLOMBIA
Nancy Solano de Jinete
Over Serrano Suárez
Carlina Gracia Hincapié

CAPÍTULO 10 ____ 138

METABOLISMO Y FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA
EN *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*
Liliana Muñoz Molina
Cristian Alexander Castillo Sánchez
Laura Camila Viuche Malaver
Angie Carolina Sierra Vargas
Cristian Alejandro Ricaurte Pérez
Jeannette Navarrete Ospina
Gladys Pinilla Bermúdez

PÁG.

CAPÍTULO 11 ____ 156

CATEDRA DE LA UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA, DE FILOSOFÍA
DE LOS VALORES PARA LA PAZ: PROPUESTA DESDE LA PEDAGOGÍA DISRUPTIVA Y LA RESILIENCIA
María Elina Fuquen Alvarado
Andrea Cecilia Laiton Romero
Angie Katherin Prieto Upegui
Luisa Fernanda Rairán Parada

CAPÍTULO 12 ____ 171

MODELACIÓN Y ESCALA LOGARÍTMICA: RETOS DEL PROFESOR DE PRECÁLCULO EN LA UNIVERSIDAD
Jeannette Vargas Hernández
Luis Alberto Jaimes Contreras
Rafael Felipe Chaves Escobar

CAPÍTULO 13 ____ 190

PÉPTIDOS ANTIMICROBIANOS ANÁLOGOS A LA CATELICIDINA HUMANA LL-37
Liliana Muñoz Molina
Fredy Alexander Guevara Agudelo
Luz Mary Salazar Pulido
Jeannette Navarrete Ospina
Gladys Pinilla Bermúdez

CAPÍTULO 14 ____ 212

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA LEY 749 DE 2002,
EN EL MUNICIPIO DE FUNZA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA
William Danilo Garay Jiménez
Paola Martínez Rodríguez

CAPÍTULO 15 ____ 237

TENDENCIAS DEL DERECHO EN EL MARCO DE LA GLOBALIZACIÓN.
AMÉRICA LATINA Y EUROPA: EL CASO COLOMBIANO
Myriam Sepúlveda López
Iván Daniel Valenzuela Macareño
Adela Moreno Chaves
Cindy Marquines Quiñones
Elizabeth Guevara

PRESENTACIÓN

La serie *Diario de Campo* se amplía hoy con ***La experiencia: requisito para la visibilidad, la divulgación y el impacto de la investigación***, tres tomos que hacen parte de los derroteros seguidos por los investigadores de Unicolmayor, y que se convierte, al igual que los anteriores, *Investigación sostenible siglo XXI*; *La investigación a la vanguardia del siglo XXI*; *Investigación, innovación, ciencia y tecnología. Siglo XXI*; *Desafíos de la investigación en el siglo XXI*; *La investigación y sus resultados: indicadores de procesos dinámicos en la educación superior*; *Manifestación investigativa de saberes disciplinares en el siglo XXI*; *Caminos seguidos y no seguidos de la investigación científica en la Educación Superior* (dos tomos), y *Los avances investigativos y su incidencia en la formación científica, tecnológica y artística* (dos tomos), en un referente del quehacer investigativo de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca para el país y el mundo.

En el capítulo "El juego como estrategia lúdica de aprendizaje del inglés como lengua extranjera dirigida a estudiantes de Turismo y Trabajo Social", de Judy Carolina Alfonso Rojas, el objetivo del estudio es permitir a los estudiantes el desarrollo de habilidades sociales y comunicativas a partir de actividades lúdicas y la pedagogía del juego. Asimismo, fortalecer la inteligencia emocional y algunos aspectos primordiales de ese modelo, como: autoconocimiento, autorregulación, empatía, motivación, promoviendo los procesos afectivos del aprendizaje de una Lengua Extranjera (LE).

Lo anterior, debido a que algunos estudiantes de la Unicolmayor, especialmente de los programas de Turismo y Trabajo Social, han presentado dificultades con el aprendizaje del inglés y con el uso del idioma en contexto, debido a que la formación en su etapa escolar se redujo al conocimiento estructural, la memorización y repetición de conceptos.

Por consiguiente, se relaciona la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo a partir del juego se fortalece el aprendizaje de una lengua extranjera en los estudiantes del programa de Turismo y Trabajo Social de la Unicolmayor? De esta manera, se presentarán los siguientes constructos, que soportan la investigación: competencia lingüística, estrategias de aprendizaje, lengua extranjera, pedagogía afectiva, lúdica, y el juego como estrategia de aprendizaje, entre otros.

En el capítulo "Aislamiento e identificación de *Acanthamoeba* spp. obtenidas de muestras de agua de la cabecera municipal de Leticia, Amazonas", de Sara Lilia Ávila de Navia, las amebas del género *Acanthamoeba* se han encontrado en una variedad de ecosistemas, como aire, suelo, aguas (dulces, saladas, residuales, embotelladas, piscinas), productos alimenticios, materia fecal, tracto respiratorio, entre otros. Algunas especies de amebas son patógenas para humanos y animales, y además tienen la capacidad de transportar en forma simbiótica bacterias en el citoplasma, y se constituyen en potenciales vectores de otras enfermedades infecciosas. Las patologías ocasionadas por *Acanthamoeba* incluyen queratitis y encefalitis granulomatosa. El propósito de este trabajo fue aislar e identificar *Acanthamoeba* spp. en muestras de agua de la cabecera municipal de Leticia, Amazonas, mediante criterios morfológicos. Se realizó el aislamiento de *Acanthamoeba* spp. en el 95,24% de las muestras de agua analizadas en el municipio de Leticia, Amazonas; es necesario realizar estudios adicionales

en otras regiones geográficas, tipos de agua y ambientes de Colombia, para conocer con mayor certeza la epidemiología de *Acanthamoeba*.

En el capítulo "Microorganismos y agua de riego en cultivos urbanos y periurbanos, Bogotá, Colombia", de Ligia Consuelo Sánchez Leal, Lucía Constanza Corrales Ramírez y Martha Lucía Posada Buitrago, el uso del agua en las zonas urbanas y periurbanas de ciudades capitales incluye labores agrícolas, y las fuentes que se utilizan principalmente provienen de la lluvia, del agua superficial y del agua residual. En razón al contenido microbiano que pueden tener estos cuerpos de agua, la diversidad de microorganismos en este recurso será amplia, y puede influir en su calidad biológica. En Bogotá existe un programa de agricultura urbana que hace parte del desarrollo de la ciudad, pero que aún carece de organización y normas específicas para su manejo. El objetivo de este estudio es caracterizar la población microbiana de los cuerpos de agua utilizados para riego en un cultivo periurbano, localidad de Santa Fe, y un cultivo urbano, localidad de Bosa. El presente capítulo es una revisión documental sobre los temas de interés comprendidos en el objetivo, que fundamentan este estudio.

En el capítulo "Aislamientos de estreptococos y cándida de cavidad bucal en niños", de Silvia Eugenia Campuzano Fernández y Yolanda Sánchez, se establece que en la cavidad bucal se concentran microorganismos que constituyen un sistema ecológico complejo. Algunos, con mayor capacidad de adherencia, se pegan fuertemente a las mucosas o a los dientes; son de especial interés los estreptococos representantes de bacterias y levaduras del tipo cándida.

En la cavidad bucal se presenta la formación de placa dental, que corresponde a la de biopelícula, la cual surge por la interacción de algunas bacterias o levaduras que ejercen acción sobre ciertos alimentos, especialmente polisacáridos, que forman una matriz que sirve para que ahí se desarrollen y multipliquen más microorganismos; esta acción genera ácidos, producto del metabolismo de carbohidratos, y es en esta forma tan simple que se inicia la caries; esta acidez empieza a actuar sobre el esmalte de los dientes, hasta que produce la caries.

Se requiere plantear medidas de prevención que eviten su propagación una vez recuperados e identificados los estreptococos y las cándidas presentes.

En el capítulo "Base multimedial para el reconocimiento de los elementos patrimoniales en los seis núcleos fundacionales de Bogotá", de Martha Cecilia Torres López y Claudia Marleny Rodríguez Colmenares, en Bogotá, los sectores de Bosa, Engativá, Fontibón, Suba, Usaquén y Usme, anexados al Distrito Capital a mediados del siglo XX, se han visto afectados como centros históricos por la absorción que de ellos ha hecho la ciudad, y a pesar de ello siguen existiendo y funcionando esencialmente de la misma manera. Sin embargo, son de muy poco reconocimiento como parte de la tradición histórica de la ciudad.

El proyecto presentado, con un enfoque disciplinar de proyectación digital, a través de una metodología experimental-tecnológica, aplicando instrumentos como el *software* especializado, pretende "unificar los datos documentales, fotográficos, cartográficos, espaciales, de video y de audio correspondientes al patrimonio cultural de los seis núcleos fundacionales del Distrito Capital, como base multimedial para el reconocimiento de los elementos culturales, patrimoniales y artísticos en estos sectores urbanos", conectándose a futuro con proyectos interinstitucionales de generación de redes que permitan vinculación territorial desde el conocimiento.

En el capítulo "Utilización de residuos de piña con fines de emprendimiento", de Silvia Eugenia Campuzano Fernández y Vilma Yamile Martínez Granados, es reconocido que los residuos de productos agrícolas, como el bagazo de la piña, ocasionan deterioro en el medioambiente; por consiguiente, se hace necesario buscar alternativas de utilización de estos productos, con el fin de convertirlos en fuentes de desarrollo.

Se muestra la oportunidad de reutilización del bagazo de la piña en la elaboración de fibra textil, y se aporta al sector agroindustrial una nueva fibra vegetal, que fusionada con el diseño de modas generará nuevas propuestas en cuanto a un nuevo material textil.

Los desechos de la piña, después de su recolección y poscosecha, pueden convertirse en materia prima para la obtención de fibra textil, que causa impacto positivo en el sector. Se presentan las mejores condiciones de fermentación generadas por un hongo, para la transformación del bagazo de la piña en fibra textil, lo cual permitirá establecer las propiedades de esta nueva materia prima, para ser utilizada y cumplir con las políticas ambientales de adecuado manejo de residuos.

En el capítulo "Producción biotecnológica de aromas a partir de microorganismos aislados de residuos agroindustriales", de Judith Elena Camacho Kurmen y Ana Graciela Lancheros Díaz, el gran interés por los productos naturales ha hecho que la industria de aromas busque nuevos métodos para obtenerlos. Una ruta alternativa para esta síntesis natural se basa en biosíntesis microbiana o bioconversión. Los microorganismos, por su tamaño, facilidad de adaptación, vida prolongada, capacidad enzimática y versatilidad, se han utilizado para la producción de compuestos bioactivos.

Más de 2.100 enzimas han sido identificadas; se ha estimado que cerca del 10% de las enzimas que se encuentran en la naturaleza son de origen microbiano, y que por sí mismas pueden ser materia prima, así como servir para la biosíntesis de moléculas específicas y la bioconversión de precursores en moléculas de alto poder, como los aromas. La producción de aromas es relevante para la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, nutracéutica y de detergentes, mediante el uso de cultivos microbianos o preparaciones enzimáticas, procesos con ventajas frente a los métodos tradicionales de obtención.

En el capítulo "Estado del arte de la contribución a la paz del cooperativismo agropecuario en el posconflicto en Nicaragua, El Salvador y Guatemala", de Rubén Darío Páez Sánchez y Hernán Rodríguez Coy, entre las décadas de los 60 a los 90 del siglo XX, Guatemala, Nicaragua y el Salvador padecieron un conflicto armado entre las fuerzas del Estado y grupos guerrilleros, para cambiar la crítica situación económica, política y social que vivían. Fue el campo el escenario de confrontación. Cuando las partes firmaron la paz, el fundamento económico fue la reforma agraria, basada en el modelo cooperativo agropecuario, que logró: recuperar el campo; organizar a las comunidades; distribuir tierras a las víctimas desplazadas y a los reinsertados; mejorar las condiciones de vida del campesinado; recuperar el tejido social, la confianza e incrementar la rentabilidad del campo. En el posconflicto, la política pública de fomento al cooperativismo se orientó a la asistencia técnica, capacitación, acceso al crédito y la comercialización. Así, se recuperó el campo y las comunidades, la tranquilidad y la paz. Para el posconflicto colombiano es posible consolidar la paz siguiendo este camino.

En el capítulo "La violencia sexual y la violencia basada en género, en el marco del conflicto armado en Colombia", de Nancy Solano de Jinete, Over Serrano Suárez y Carlina Gracia Hincapié, se realiza

un análisis jurisprudencial que permite un ejercicio crítico y propositivo, con el fin de presentar alternativas de solución que permitan, con miras al posconflicto, disminuir las situaciones preexistentes de exclusión, estigmatización y discriminación hacia las mujeres, especialmente en donde predomina el conflicto armado.

En el capítulo "Metabolismo y formación de biopelícula en *Staphylococcus aureus*", de Liliana Muñoz Molina, Cristian Alexander Castillo Sánchez, Laura Camila Viuche Malaver, Angie Carolina Sierra Vargas, Cristian Alejandro Ricaurte Pérez, Jeannette Navarrete Ospina y Gladys Pinilla Bermúdez, el *Staphylococcus aureus* es un microorganismo patógeno y comensal, causante de infecciones de piel, del tracto urinario, de las vías gastrointestinales, endocarditis, septicemia, contaminación de heridas quirúrgicas y de dispositivos médicos permanentes. Presenta una resistencia parcial o total al efecto de algunos antibióticos, fenómeno que implica una participación activa de todos los factores de virulencia de la bacteria para su efectiva colonización e infección; causa aumento en la tasa de mortalidad y morbilidad, así como en los costos, por incremento en las estancias hospitalarias, situación que se ha convertido en una amenaza para la salud pública.

Su metabolismo depende de la glucosa, principal fuente de carbono; en condiciones normales de aerobiosis, la vía usada en el catabolismo de la glucosa es la glucólisis; en condiciones aeróbicas, el piruvato, o ácido pirúvico, es oxidado hasta dióxido de carbono; en anaerobias, el *S. aureus* deja de realizar procesos oxidativos y pasa a los fermentativos, como el de piruvato a lactato; estos factores favorecen la inducción de la transcripción de los genes glucolíticos y fermentativos.

Dentro de sus factores de virulencia se incluye su capacidad formadora de biopelícula en dispositivos clínicos y quirúrgicos, como catéteres, prótesis e implantes. La biopelícula se define como un agregado funcional de microcolonias o células solitarias, embebidas en una matriz de polímeros extracelulares, espacialmente organizadas, las cuales pueden ser monomicrobianas o polimicrobianas, que les permite adherirse a superficies bióticas o abióticas para sobrevivir a ambientes hostiles.

Su formación es un proceso complejo, que se inicia con el acondicionamiento de la superficie, adhesión, síntesis de matriz extracelular inducida por *quorum sensing*, maduración y dispersión. En *Staphylococcus*, la matriz extracelular está mediada por la síntesis del polisacárido adhesina intercelular (PIA/PNAG), tras la expresión de los genes del operón *Ica*, que consta de cuatro marcos de lectura abierta (*Ica* ADBC) y un gen regulador *Ica*R.

En el capítulo "Catedra de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, de Filosofía de los Valores para la Paz: propuesta desde la pedagogía disruptiva y la resiliencia", de María Elina Fuquen Alvarado, Andrea Cecilia Laiton Romero, Angie Katherin Prieto Upegui y Luisa Fernanda Rairán Parada, la Ley 1732, del 01 de septiembre de 2014, establece la obligatoriedad de la cátedra para la paz en las instituciones educativas del país, lo que motivó la propuesta de "Cátedra de Filosofía de los Valores para la Paz" desde la pedagogía disruptiva; teniendo como eje transversal la resiliencia y la caracterización de los acuerdos, se acudió al análisis de las categorías conceptuales, en lo que se refiere al conflicto, el posconflicto, la paz, la memoria histórica, la genealogía. A partir de la aplicación de una metodología de investigación cualitativa, se extendió el enfoque socio-jurídico, proponiendo los contenidos que debería tener la cátedra para la paz, sin dejar de lado la autonomía docente. Aunado a ello, se realizó una encuesta a una muestra representativa de la Facultad de Derecho de la

Unicolmayor, cuyo objetivo fue el de "identificar la apreciación de egresados, estudiantes y docentes sobre la implementación de una cátedra para la paz".

En el capítulo "Modelación y escala logarítmica: retos del profesor de precálculo en la universidad", de Jeannette Vargas Hernández, Luis Alberto Jaimes Contreras y Rafael Felipe Chaves Escobar, las propuestas para el desarrollo profesoral no incluyen exclusivamente el conocimiento matemático del profesor, sino que ellas tratan de impactar construcciones del ser. Así, a partir de una revisión de estudios concernientes al carácter social de aprender, junto con el desarrollo histórico-epistemológico de conceptos, se indaga la relación entre las progresiones geométricas y aritméticas, y se realiza una invitación dirigida a los profesores de precálculo, que lleva entrelazada la modelación de la función logarítmica con un análisis a la escala logarítmica. Usando la metodología de análisis de contenido, se trata de responder a la pregunta ¿de qué maneras los profesores universitarios de precálculo pueden acercarse a la comprensión y caracterización de las funciones logarítmicas? Para ello se bosquejan una serie de actividades, las cuales toman como contexto el caso de la escala musical, la gestión del profesor concerniente a la participación en las clases y la escala de Richter.

En el capítulo "Péptidos antimicrobianos análogos a la catelicidina humana LL-37", de Liliana Muñoz Molina, Fredy Alexander Guevara Agudelo, Luz Mary Salazar Pulido, Jeannette Navarrete Ospina y Gladys Pinilla Bermúdez, las infecciones intrahospitalarias asociadas a dispositivos médicos son un problema de salud pública en nuestro país, por su frecuencia, severidad y alto costo. Uno de los más importantes patógenos asociados a este problema son los *Staphylococcus* spp., dada su capacidad de adaptación a condiciones ambientalmente desfavorables; estos microorganismos pueden formar estructuras tridimensionales denominadas biopelícula, mediante la producción de polisacáridos extracelulares que les permiten adherirse a prácticamente cualquier tipo de superficie, vivir en comunidades y evadir la acción del sistema inmunológico, lo cual aumenta en forma considerable su resistencia a moléculas antimicrobianas, en comparación con microorganismos en estado libre o planctónico.

Estas comunidades pueden presentar un nivel de tolerancia mayor al estrés ambiental, de modo que se incrementa la resistencia adicional a los antibióticos, que puede ser hasta 1.000 veces mayor que sus homólogos en estado planctónico correspondientes. La característica multirresistente que otorgan las biopelículas se ha convertido en tema de importantes estudios, orientados a la identificación de nuevos compuestos que sean capaces de destruir células en estado libre, como, por ejemplo, moléculas antimicrobianas.

En este contexto existe la necesidad de implementar estrategias que permitan contrarrestar la capacidad de formación de biopelícula, y dado que actualmente son pocas las moléculas antibiopelícula reportadas, a través de este trabajo se estudió la actividad antibiopelícula de péptidos análogos a la catelicidina humana LL-37. Este péptido catiónico ha surgido como un modelo interesante para la generación de fármacos antimicrobianos, debido a sus propiedades inmunomoduladoras específicamente antimicrobianas, presentando características de selectividad y especificidad aún mayores en comparación con los antibióticos convencionales.

En el capítulo "Análisis de la aplicación de la Ley 749 de 2002, en el municipio de Funza, departamento de Cundinamarca", de William Danilo Garay Jiménez y Paola Martínez Rodríguez, la Ley 749,

de julio 19 de 2002, coloca la educación como servicio público educativo, manejado con procesos de articulación para favorecer el mejoramiento de la calidad y la pertinencia de la oferta educativa de las instituciones educativas, y en segundo lugar, determinar acertadamente las formas de dar continuidad educativa a los estudiantes por dos caminos: bien sea en la educación superior o en la educación para el trabajo y el desarrollo humano, con el fin de que desarrollen y consoliden proyectos personales y productivos individuales y familiares, haciendo procesos de formación en ciclos propedéuticos a lo largo de la vida.

Es así como pretendemos iniciar un estudio acerca del análisis de la aplicación de la Ley 749 de 2002, en el municipio de Funza, de la región de Sabana Occidente del departamento de Cundinamarca, para verificar hasta dónde se le ha dado cumplimiento a dicho mandato legal, y cuál ha sido su desarrollo real en algunas de las instituciones públicas que están en los municipios que han obtenido su certificación en educación. Se busca iniciar estudios estadísticos con los rectores de dichas instituciones y determinar su efectividad.

En el capítulo "Tendencias del Derecho en el marco de la globalización. América Latina y Europa: el caso colombiano", de Myriam Sepúlveda López, Iván Daniel Valenzuela Macareño, Adela Moreno Chaves, Cindy Marquines Quiñones y Elizabeth Guevara, se aborda la concepción del profesional en Derecho como ser integral, capaz de responder desde una dimensión tanto personal como técnica, fundamentada en la investigación, la conciliación, los derechos humanos y la axiología. Esta investigación, además, indaga acerca de las tendencias del Derecho bajo el lente de la globalización y de la internacionalización.

Para terminar, está la invitación a conocer el contenido del tomo I, que incluye:

- "SNP rs1927911 de TLR4 y artritis: importancia en la infección con *Chlamydia trachomatis*", de Martha Gómez Jiménez, Ruth Mélida Sánchez Mora y Adriana Monroy Cano.
- "Arte público monumental y escultórico bogotano: su problemática y las posibilidades del diseño digital y multimedia de contribuir en las alternativas de solución", de Freddy Chacón Chacón, Pedro Ricardo Medina y Andrés Felipe Parra.
- "Inmersión de las TIC en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca - Facultad de Administración y Economía", de Guillermo Tomás Santacoloma Rivas y Lugo Manuel Barbosa Guerrero.
- "Representaciones sociales del posconflicto en las Fuerzas Militares y la Policía Nacional: contribuciones hacia nuevos escenarios de paz en Colombia", de Yuri Alicia Chávez Plazas, Mario Alberto Rangel Alférez, Mónica Yamile Salazar Montoya y Xiomara Aya Oyola.
- "Propuesta didáctica para el aprendizaje autónomo del inglés mediado por las TIC", de Gloria Astrid Moreno Cortés y Guillermo Tomás Santacoloma Rivas.
- "Antecedentes del turismo en Colombia", de Manuel Darío Joves Rueda y Lucía Urrego Forero.
- "La gentrificación del centro de Bogotá. Estudio de caso barrio San Bernardo", de Camilo Ernesto Villegas Rondón, David Alexander Córdoba Suárez, Jeisson Santiago Marín Bohórquez, Catalina Nova Posada, Luz Helena Ramírez Hache, Ana Isabella Rodríguez Gómez, Brayan Ale-

jandro Segura Calderón, Juan Manuel Torres Granados, Diana Fernanda Velandia Rodríguez y Lina María Villabón Romero.

- "Potencial patrimonial de las ciudades puerto en el Río Grande de la Magdalena", de Florinda Sánchez Moreno, Mario Perilla Perilla y Diego Fernando Morales Castro.
- "Diagnóstico comparativo del uso del metaconcepto 'compuesto' por estudiantes de programas ambientales en las Instituciones de Educación Superior (IES) colombianas", de Liliana Caycedo Lozano, Diana Marcela Trujillo Suárez y Juan Carlos Gómez Vásquez.
- "Experiencia de la Asociación de Turismo Rural Comunitario de Ciudad Bolívar", de María José Sanabria Rivas y Alba Lucía Lucumí Silva.
- "Extensión cultural: incidencia de las actividades culturales y expresiones artísticas en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca", de Ana Cristina Suárez Castro y Luis Eduardo Bejarano Jiménez.
- "Aproximación a la zonificación bioclimática de Cundinamarca", de Liliana Medina, James Alberto Ortega, Luz Amparo Hinestrosa, Lesly Plazas Ariza y Martín Armando Perea.
- "Representación gráfica de la edificación y los caminos reales de la cultura muisca en el altiplano cundiboyacense", de Ana Dorys Ramírez López.

Así mismo, el contenido del tomo II, que incluye:

- "Prácticas de poder saber en la acción del trabajo social: singularidades y estrategias de poder", de Sandra del Pilar Gómez Contreras, Uva Falla Ramírez, Ramiro Rodríguez, Brandon Xavier León Berm y Nelson Tomás Rodrigo Flores.
- "Aproximación a las técnicas de conservación y consolidación de edificaciones patrimoniales", de Florinda Sánchez Moreno, Sergio Adrián Garcés Corzo y Luz Carolina García Montoya.
- "Ferropenias y hemoglobinopatías en comunidades afrodescendientes en diferentes alturas sobre el nivel del mar", de Martha Castillo, Ana Lucía Oliveros y Ana Isabel Mora.
- "En busca de ciudades verdaderamente inteligentes: aportes desde el diseño digital", de Camilo Rico Ramírez, Freddy Chacón Chacón y Sandra Uribe Pérez.
- "Determinación de intervalos de referencia para el biomarcador cistatina C sérica, en una población mixta de caninos de las ciudades de Bogotá, D. C. (Colombia), y Toluca (México)", de Sonia Marcela Rosas Arango, Carmen Cecilia Almonacid, William Méndez y Javier del Ángel Caraza.
- "Estudio comparativo del efecto coagulante de extractos de uva Isabella (*Vitis labrusca L*) y ñame criollo (*Dioscorea* spp.) para la reducción de turbidez del agua", de Sonia Marcela Rosas Arango y Liliana Caycedo Lozano.
- "Análisis del ciclo de vida de mampostería de arcilla y su metodología de inventario", de Sergio Ballén Zamora, Adriana Cubides Pérez, Amparo Hinestrosa Ayala, Liliana Medina Campos y James Ortega Morales.

- "¿Metáforas de la economía o economía de las metáforas?", de Clarena Muñoz Dagua.
- "Definición, historia, medición y control de la calidad", de Francisco Javier Lagos Bayona y Yolanda Andrea Gómez Uribe.
- "Plazas de mercado. Patrimonio cultural, memoria, lugar y habitar", de Mario Perilla Perilla y Diego Fernando Morales Castro.
- "Papel de la HSP60 *Chlamydial* en el tumor de ovario", de Ruth Mélida Sánchez Mora, Martha Gómez Jiménez y Adriana Paola Jutinico Shubach.
- "Clásicos de la música tradicional latinoamericana para el tiple solista (1950-2000)", de Enerith Núñez Pardo.
- "Consideraciones metodológicas de una aproximación discursiva a la identidad profesional del trabajo social", de Sandra del Pilar Gómez Contreras, Juan Guillermo Velásquez A., Uva Falla Ramírez y Ramiro Rodríguez.

Juan Alberto Blanco Puentes
Editor - Oficina de Investigaciones

CAPÍTULO 1.

EL JUEGO COMO ESTRATEGIA LÚDICA DE APRENDIZAJE DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE TURISMO Y TRABAJO SOCIAL

Judy Carolina Alfonso Rojas

Planteamiento del problema

Es una realidad que la globalización ha traído consigo cambios en diferentes aspectos de la humanidad, y uno de estos es el aprendizaje de una Lengua Extranjera (LE), específicamente el inglés. Una de las finalidades es poder afianzar la lengua materna (español), establecer contacto con personas de otras culturas y hacer parte de la nueva era de los negocios, la industria y la educación. Por tanto, los profesionales egresados de la Facultad, ya sea de los programas de Turismo o de Trabajo Social, deben tener dominio de al menos una lengua extranjera, que les permita proyectarse al futuro con mayor claridad y facilidad al articularse desde la formación integral que ofrece la Facultad de Ciencias Sociales.

Aprender una lengua extranjera es una necesidad imperiosa y no solo una dificultad encontrada en la Unicolmayor. Sin embargo, algunos estudiantes de la Facultad de Ciencias Sociales han querido, no solo empezar el proceso de aprendizaje del inglés sino fortalecer lo aprendido o desaprender lo visto en la etapa escolar. De esta manera, se pensó en la oportunidad de incluir la pedagogía del juego y la inclusión de nuevas herramientas de aprendizaje; asimismo, identificar dificultades individuales, que incluyan el vocabulario de cada uno de los programas académicos, y asociar al contexto laboral. Por ende, que aprendan el idioma con fines comunicativos.

Es importante mencionar que el tiempo destinado para el aprendizaje de una LE, en este caso particular el inglés, no es apropiado, a pesar de estar incluida como una asignatura obligatoria en las Pruebas de Estado. Por lo anterior, se logró generar espacios de reflexión académica en los que se busca apoyar el proceso de aprendizaje del inglés a partir de la creación de proyectos de aula que permitan acercarse a un contexto real de aprendizaje. Además, motivar a los estudiantes a buscar nuevas estrategias y permitir la autonomía del aprendizaje durante su proceso de formación.

Revisión literaria

Al hablar del aprendizaje de una lengua extranjera es necesario tener en cuenta distintas temáticas que se relacionan, apoyan y aportan, teóricamente, al proyecto para una mejor comprensión. Por tanto, uno de los temas a referir en esta investigación es la competencia comunicativa, abordada desde la perspectiva del sociolingüista norteamericano Dell Hymes, quien propuso un enfoque que permitiera investigar las reglas de uso de una lengua en diversos contextos; además, se relacionará a Noam Chomsky y su concepto sobre competencia lingüística. Por otra parte, es importante mencionar estrategias de aprendizaje que ayuden y faciliten la retención de información y el uso del idioma, entre otros.

A establecer una relación directa entre el sujeto y la lengua, basada en saberes y expresión oral, se refiere la competencia comunicativa. Es así como los autores Canale y Swain (1980) y Canale (1983), en el libro *Bases lingüísticas y metodológicas para la enseñanza de la lengua inglesa* (p. 86), mencionan que es importante "reconocer el conjunto de conocimientos y habilidades que se requiere para tener un conocimiento de una lengua, en este caso la lengua inglesa". A continuación, se mencionarán y desarrollarán algunos constructos importantes que soportan esta investigación.

Gráfico 1. Constructos que soportan la investigación.

La competencia lingüística en el proceso de aprendizaje del inglés

La competencia lingüística es fundamental en los procesos de aprendizaje de una lengua extranjera, pues permite identificar la habilidad que tiene el individuo para aprender la lengua materna, sea cual sea; de ahí se afirma que este es el uso que el hablante hace de su lengua. Por consiguiente, el término competencia cambia de acuerdo con la condición del ser humano (estilo de vida). Este no solo se enfoca en lo lingüístico verbal, sino que también determina los códigos comunicativos con el fin de llegar a la interacción y el intercambio cultural.

Jiménez (2000), citado en el libro *Neuropedagogía, lúdica y competencias,* refiere la competencia como "la capacidad de captación (saber) y como capacidad de aplicación (saber hacer)", que subyacen ciertamente en las teorías de Noam Chomsky sobre "competencia lingüística" y de Jürgen Habermas sobre "competencia comunicativa". "Los argumentos sobre el lenguaje, como competencia para Chomsky, son innatos en el ser humano. Es decir, actúan como instintos de orden biológico" (p. 138).

Estrategias de aprendizaje

Estas datan de mediados de los años setenta, principios de los ochenta, de donde la base principal de este estudio se remonta a la psicología cognitiva; en consecuencia, varios investigadores decidieron abordar el tema y especificar qué son estrategias y qué clase de estrategias se deben tener en cuenta durante el proceso de aprendizaje de una lengua extranjera. Dentro de los estudios realizados se destacan algunos investigadores, quienes definen las estrategias como:

> "pensamientos o comportamientos especiales que los individuos usan para ayudarse a apropiarse a aprender o retener nueva información".
>
> Oxford (1990, p. 18) define las estrategias de aprendizaje de una lengua extranjera como "acciones específicas, comportamientos, pasos o técnicas que los estudiantes utilizan para mejorar su progreso del desarrollo de actividades en lengua extranjera" (O'Malley y Chamot, 1990, p. 1).

Las afirmaciones anteriores acerca de las estrategias de aprendizaje establecen que el propósito principal es el desarrollo de la competencia comunicativa, entendiéndose esta como la habilidad para comunicarnos no solo en lengua materna, además que el hablante-oyente pueda establecer una comunicación efectiva en situaciones reales.

Lengua extranjera

Como antesala a la conceptualización de la lengua extranjera y su aprendizaje, cabe resaltar, en primera instancia, un concepto que es de vital importancia: "La adquisición del lenguaje es lo que en gran parte permite a los humanos desarrollar el aprendizaje significativo-receptivo de una vasta cantidad de conceptos y principios que, por sí solos, no podrían nunca descubrir a lo largo de sus vidas" (Ausubel, 1968, p. 82).

Por otro lado, el ámbito y la complejidad de las ideas y conceptos adquiridos por aprendizaje significativo se vuelve posible y promueve un nivel de desarrollo cognitivo que sería inconcebible sin el lenguaje. En virtud de las cruciales contribuciones que tanto el poder representacional de los símbolos como los aspectos refinadores de la verbalización aportan a la conceptualización. Ausbel (1968) refiere que "el lenguaje, evidentemente determina cómo se reflejan las operaciones mentales (nivel de funcionamiento cognitivo implicado en la adquisición de conceptos abstractos y de orden superior)" (p. 523).

El lenguaje como medio facilita y percibe cada una de las realidades del ser humano y las lleva al acto comunicativo; el lenguaje permite que el proceso de pensamiento se acerque al aprendizaje. Teniendo en cuenta que son muchos los campos en los cuales el ser humano puede actuar, uno de estos es la lengua, que primero se desarrolla desde el vientre de la madre y que, a partir de la experiencia y estímulos internos y externos, se convierte en la identidad del individuo.

La presencia de la lengua materna se antepone al desarrollo de una lengua extranjera y proporciona elementos lingüísticos, e incluso comunicativos, que facilitan el aprendizaje de la otra. Hablar de aprendizaje de una lengua extranjera necesariamente requiere vincular un proceso de enseñanza,

pues los dos van de la mano y facilitan, tanto a docentes como a estudiantes, conocer el entorno y desarrollar estrategias que ayuden a la generación de espacios de interacción social. El aprendizaje de una lengua extranjera trae consigo oportunidades de desarrollo social, cultural y cognitivo, abre espacios de intercambio donde los individuos pueden interactuar y crear conciencia social, así como abandonar el etnocentrismo y hacerse más conscientes de su realidad, lo que conduce a una apropiación de la propia cultura, e incentiva al cerebro a desarrollar una conciencia metalingüística, que le permite asociar símbolos para generar conocimiento nuevo.

La inteligencia emocional en el aprendizaje de una lengua extranjera

Desde Charles Darwin, quien mencionó en sus trabajos la importancia de la expresión emocional, pasando por Thorndike, quien habló del término inteligencia social, llegando a Howard Gardner, quien dentro de las inteligencias múltiples contempló dos, la interpersonal e intrapersonal, el concepto de inteligencia emocional es de suma importancia en todos los ámbitos del ser humano, en especial en el contexto educativo.

En 1995, el concepto toma fuerza cuando el psicólogo norteamericano Daniel Goleman publica su obra titulada *Inteligencia emocional*, y se continúa o refuerza la idea que el éxito de una persona no va ligado directamente a su desempeño académico y al nivel intelectual que pueda desarrollar durante su vida, sino que va ligando también la capacidad que todo individuo tiene para identificar su estado emocional y gestionarlo para sí mismo y frente a otras personas, lo que permite controlar los impulsos y lograr una comunicación más efectiva.

> La inteligencia emocional es una forma de interactuar con el mundo, que tiene muy en cuenta los sentimientos y engloba habilidades tales como el control de los impulsos, la autoconciencia, la motivación, el entusiasmo, la perseverancia, la empatía, la agilidad mental. Ellas configuran rasgos de carácter como la autodisciplina, la compasión o el altruismo, que resultan indispensables para una buena y creativa adaptación social (Goleman, 1995, p. 19).

Este concepto se ha expandido, y el objetivo de Goleman se centró en el nivel empresarial; él indica que la inteligencia emocional permite solucionar problemas al articular la lógica y los sentimientos. De esta manera, el ser humano es más flexible en momentos de cambio y es generador de respuestas positivas y optimistas.

Al pasar este concepto al aula de clase, se menciona la importancia de la motivación y la creación de ambientes apropiados que generen la confianza y la motivación para que el estudiante desarrolle satisfactoriamente su proceso. En el caso del aprendizaje de una LE es importante identificar que todos los estudiantes que presentan alto desarrollo de la inteligencia emocional están preparados y dispuestos para el aprendizaje de un idioma; en algunas ocasiones factores como falta de gusto, la aplicación de metodologías poco adecuadas o el interés en otras áreas desvía la atención del nuevo conocimiento.

Así como se cita en la tesis de maestría "Estudio acerca de la repercusión de la inteligencia emocional en el área de lengua extranjera":

> Consideramos urgente que los docentes comencemos a plantearnos nuestra tarea como lo que en origen es, la formación de buenos ciudadanos y la mejora de la sociedad, para lo cual es inevitable integrar el aprendizaje emocional en la educación de nuestros alumnos; y en concreto, en la enseñanza de la lengua extranjera, es el momento de buscar nuevos caminos para paliar las carencias de las metodologías actuales (Criado, 2013, p. 6).

Con base en esto, se puede inferir que la inteligencia emocional es parte fundamental en la creación de nuevas metodologías dirigidas a la enseñanza del inglés como lengua extranjera. De esta manera, el estudiante participará de forma activa en la producción del conocimiento. Por ende, la motivación será mayor y aprovechará los ambientes de aprendizaje que se ofrecen en la universidad.

Pedagogía afectiva para facilitar el aprendizaje de una lengua extranjera

Para iniciar esta introducción se cita la definición de Pedagogía como lo menciona Avellaneda (2015) en la tesis "Sistema de reconocimiento óptico para mapeo conversión Braille-español en el INCI". "La Pedagogía no es una ciencia, ella no tiene el derecho de ser paciente". Y agregaba: "ella tampoco es un arte: nosotros no hubiéramos fácilmente confiado una clase ni a Montaigne ni a Rousseau". "Ella no es el arte, porque no es un sistema de prácticas organizadas, sino de ideas relativas a esas prácticas. Es un conjunto de teorías; (...) las teorías pedagógicas tienen por objeto inmediato guiar la conducta", afirmaba Durkheim (1925, p. 35).

Se tiene en cuenta que la Pedagogía es una ciencia que se convierte en arte, donde una problemática es explicada o reflexionada a partir del pensamiento. Para Piaget, la Pedagogía era la construcción de aprendizaje-enseñanza; sin embargo, durante muchos años el ser humano ha venido elaborando un concepto sobre pedagogía, el cual se ve relacionado con la parte intelectual del ser, y se olvida que, en cada proceso y contexto, la pedagogía se ve modificada y acondicionada a este mismo.

Para Alonso, Alonso y Balmori, *et al.* (2004), la afectividad desempeña un papel muy importante dentro del proceso de aprendizaje del ser humano; los estados anímicos, las acciones y reacciones que surgen por el instinto y el inconsciente poseen unas características especiales:

- Actualidad: esto se refleja en el momento en que la persona siente alguna reacción inconsciente.
- Intensidad: es una experiencia activa que es modificada de acuerdo con la intensidad del contexto y la situación.
- Irradiación: esto es ligado a los objetos o acontecimientos que se experimentan, pero en algunas ocasiones despierta afectividad en el entorno.
- La afectividad es importante en el desarrollo humano y en el aprendizaje, todo esto de acuerdo con el proceso de desarrollo que el ser esté atravesando.

En la actualidad, el ser humano ha incrementado el conocimiento, pero dejado de lado la formación humana, entendiéndose esta última como la formación desde la familia (padres, abuelos, hermanos, entre otros). Lo que lleva a reconocer que cuando un niño sonríe, saluda, da gracias, obedece, etc., es un ser con formación humana; cabe aclarar que hoy el papel de formar seres humanos ha sido depositado en las instituciones educativas que atienden a su educación, pero las relaciones interpersonales y afectivas han pasado a segundo plano. De ahí la importancia de la formación desde el hogar.

Savater agrega "...si los padres no contribuyen a los hijos con su autoridad amorosa a crecer y prepararse para ser adultos, serán las instituciones públicas las que se vean obligadas a imponerles el principio de la realidad, no con afecto sino por la fuerza... (...) de este modo sólo se logran niños llenos de resentimiento, no ciudadanos adultos libres".

Introducción a la lúdica

Los juegos son la forma más elevada de la investigación.

Albert Einstein

Por años, participar de la investigación frente al aprendizaje de una lengua extranjera ha permitido identificar dificultades frente al desarrollo de los procesos lingüísticos y cognitivos existentes; algunas de estas son: la decodificación del lenguaje, los signos, la interpretación semántica y semiótica y, a su vez, el proceso cognitivo es la carencia del reconocimiento de los aprendizajes previos, concepciones estructurales, entre otros. Dentro del proceso de aprendizaje y apropiación de una LE se evidencia la motivación como factor esencial, con el fin de generar en el estudiante gusto y afinidad por lo que aprende.

Por esto se menciona a Lev Semiónovich Vygotsky en los Cuadernos de la Universidad Católica Andrés Bello (1997), quien se enfocó en el proceso de adquisición de aprendizaje desde lo sociocultural. Donde él indicaba que consiste en reconocer al individuo como el resultado del proceso histórico y social, y en donde el lenguaje es fundamental para el desarrollo del aprendizaje. Para Vygotsky existen cuatro procesos importantes para llevar a cabo la adaptación del individuo con el aprendizaje; las funciones mentales, las habilidades psicológicas, la zona de desarrollo próximo y las herramientas de mediación. Vygotsky indica que el 'signo' siempre es inicialmente un medio de vinculación social, un medio de acción sobre los otros y luego se convierte en un medio de acción sobre sí mismo.

Díaz (2008) refiere que la lúdica se debe estudiar como fenómeno: "El fenómeno lúdico es parte de los fenómenos sociales y culturales, susceptible de ser estudiado por las ciencias sociales y humanas, y su conocimiento se debe guiar por los procedimientos establecidos por las comunidades académicas" (p. 14).

Por esa razón, comprender la lúdica desde un solo aspecto segrega la posibilidad de adquirir conocimiento. De esta manera, se entiende que todo fenómeno a ser estudiado debe estar directamente relacionado con la lógica relacional y no formal. Es así como es importante tener en cuenta tanto al emisor como al receptor y dar asesoría oportuna enmarcada en una situación real.

El juego como estrategia lúdica de aprendizaje

> "El juego existió antes de toda cultura, y la cultura surge en forma de juego" (1968: 37).
>
> Johan Huizing

Por medio del juego las culturas han interactuado por años, lo que ha permitido que los individuos participen de forma activa, desarrollen diferentes papeles y se desenvuelvan socialmente. Afirma Fingermann (1970), "el juego es un factor de desenvolvimiento social en el individuo. Mediante el juego no sólo se ejecutan las tendencias sociales, sino que se mantiene la cohesión y la solidaridad del grupo" (p. 38). El juego como estrategia metodológica aporta a la formación cognitiva de los estudiantes y, a su vez, a la formación social, y los acerca más al conocimiento y al trabajo cooperativo.

Muchos autores, como Paul Moor (1981), el psicoanalista Erik Erikson (1982) o el también psicoanalista Donald W. Winnicott (1986), coinciden en que los estudiantes motivados y con cierto nivel de estimulación aprenden de manera más efectiva; en el caso del aprendizaje de una lengua extranjera la utilización de materiales tradicionales, como libros de texto y ejercicios, entre otros, han generado ambientes rígidos y monótonos, por ello la implementación de materiales auténticos, como es el caso de imágenes, objetos reales y en nuestro caso los juegos, crean ambientes de motivación e interés por el aprendizaje.

De acuerdo con la pedagoga Moyles (1990), "la situación de juego aporta estimulación, variedad, interés, concentración y motivación" (87), lo que permite, como se ha dicho, crear escenarios de aprendizaje significativo; el juego ayuda a mantener el interés en la lengua y a generar confianza. De igual forma, el juego permite la motivación, creatividad, cooperación y comunicación en los estudiantes, genera confianza en su proceso, tolerancia y respeto hacia él mismo y hacia el grupo dentro del cual se desenvuelve. Es importante resaltar que, al aplicar esta estrategia en el aprendizaje de una lengua extranjera, no solo se permite el desarrollo adecuado de este sino que aumenta la comprensión y el dominio de la lengua materna.

Varios autores han dado definiciones de juego desde el quehacer pedagógico. Brinnitzer (2008) recopila algunas y las presenta de la siguiente manera: "Principio fundamental de la educación" (Montessori). "El juego influye en el desarrollo de la inteligencia" (Piaget). "El juego es un instrumento para que el maestro logre aprendizajes significativos" (Ausubel, p. 13). Al comprender los conceptos de cada autor se pude inferir que la práctica del juego en el aula va más allá de la recreación.

Para que se pueda llegar al entendimiento y comprensión del tema, se debe hacer registro detallado de la clase. Es decir, saber los momentos de interacción, identificar cómo se logra el objetivo planteado, diversificar el desarrollo de las clases, ser progresivo, incluir diferentes momentos en la clase, seleccionar los recursos adecuados, buscar diferentes ambientes para el aprendizaje. Lo que lleva a pensar que sí es una estrategia pedagógica, ya que enriquece el conocimiento de diversas maneras y se atienden los diferentes aspectos emocionales, sociales y culturales del individuo.

Metodología

El estudio de investigación que se propone tiene la intención de observar, describir y analizar cómo los estudiantes fortalecen el aprendizaje del inglés como lengua extranjera a través del empleo del juego como estrategia pedagógica. Por tanto, vale la pena mencionar que el enfoque de investigación que sustenta este estudio es cualitativo. Burns (2003) destaca que "el objetivo de los enfoques cualitativos es ofrecer descripciones, interpretaciones y aclaraciones de los contextos sociales naturalistas" (p. 22), también menciona que implica una interpretación en profundidad de las acciones de los participantes, recoge grandes cantidades de datos para garantizar la validez, diagnostica contextos culturales realistas, entre otros. El papel del profesor es ser un profesor-investigador que observa, describe y analiza el desempeño de los estudiantes en cuanto al crecimiento, rendimiento y gusto por el aprendizaje y uso del inglés en un contexto real.

Investigación para la acción

Según Elliott (1993), la investigación-acción se centra en mejorar la práctica. Siguiendo sus palabras, también es "el estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de ella" (citado en Hopkins, 1993, p. 45). Teniendo en cuenta las palabras de Elliot, la intención es mejorar las prácticas de enseñanza para mejorar el aprendizaje y la investigación de acción de mis estudiantes, y proporcionar algunos pasos para abordar esta preocupación principal.

El proceso de investigación-acción fue ideado primero por Lewin (1946) y luego desarrollado por Kolb (1984), Carr y Kemmis (1998) y otros autores; a modo de síntesis, la investigación-acción es un espiral de ciclos constituidos por las siguientes fases:

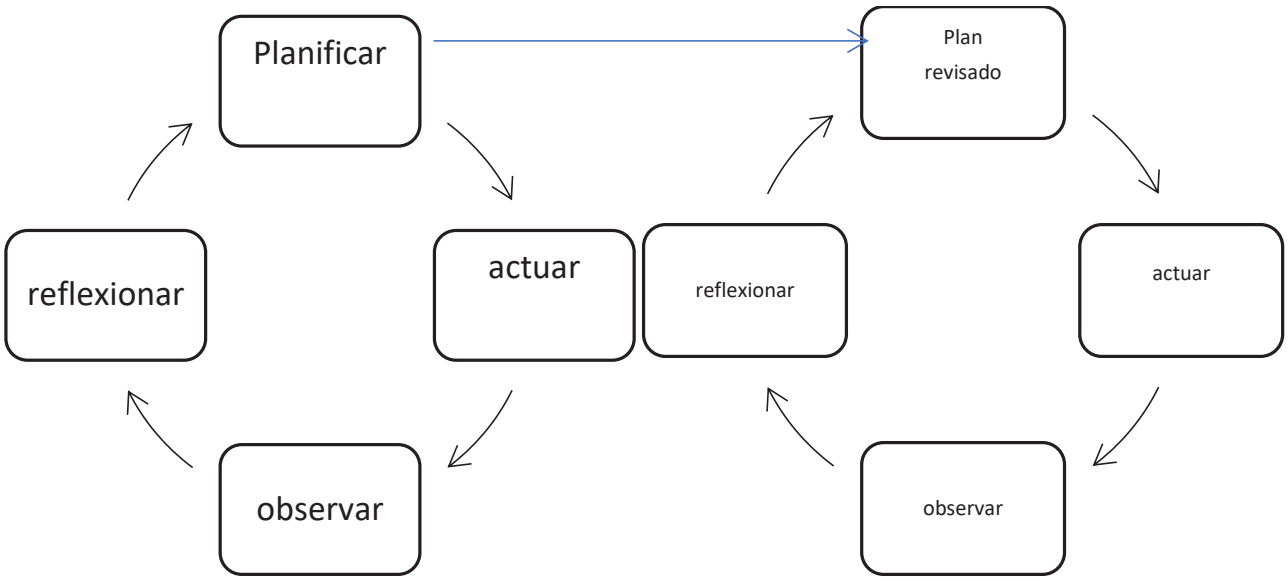


Gráfico 2. Modelo de investigación.

Resultados

La investigación permitió replantear la metodología empleada en las clases de inglés de la Facultad de Ciencias Sociales y se están realizando diferentes actividades lúdicas en las horas de tutorías. De esta manera, se encamina a los estudiantes a la proyección de nuevas herramientas de aprendizaje y motiva al disfrute de una hora de inglés luego de salir de una clase magistral. Se logró determinar que los estudiantes de primer semestre llegan desmotivados a la clase, y estas prácticas han permitido solucionar inquietudes y dar paso a la participación activa, sin importar el nivel de inglés de cada uno.

Por tanto, se quiere demostrar que a partir de la construcción activa de una estrategia didáctica entre los estudiantes y los investigadores se puede llegar al fortalecimiento de diversos aspectos que conforman el desarrollo de un ser humano; asimismo, demostrar a la comunidad universitaria la importancia de generar diferentes ambientes de aprendizaje y de esta manera cualificar tanto el aprendizaje de los estudiantes como los programas académicos que fueron objeto de estudio en esta investigación.

Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación mostraron que los estudiantes de pregrado podrían utilizar diferentes estrategias para lograr un buen aprendizaje del inglés a partir de actividades lúdicas y al aumentar la participación en cada sesión. El empleo del juego en el aula involucró a los estudiantes en un aprendizaje autónomo y autorreflexivo en relación con su proceso de aprendizaje de una lengua extranjera.

Los estudiantes también pueden planificar, supervisar, resolver problemas y evaluar su proceso de aprendizaje. El juego como estrategia pedagógica no solo ayuda a los estudiantes en el proceso del aprendizaje del inglés como lengua extranjera, sino que también sirve para ser implementado en diferentes materias y en cualquier nivel de escolaridad.

Estar expuesto a las estrategias de juego llevó a los estudiantes a ganar confianza en el desarrollo de las habilidades comunicativas y sociales. Por tanto, tener una variedad de actividades, incluidas las estrategias guiadas por los estudiantes, les permitió ser conscientes de las dificultades presentadas; de esta manera, se convierten en seres autónomos capaces de enfrentar sus miedos y dar una solución inmediata. Con base en el análisis anterior, se pudo observar que el juego es una herramienta útil para el proceso de enseñanza-aprendizaje de una LE.

A partir de la aplicación de las pruebas piloto y la utilización de las tutorías para el desarrollo de las actividades, los estudiantes y profesores evidenciaron cambios en la puesta en escena de las clases, lo que permitió mayor apropiación de temas y conceptos que llevaron a afianzar el proceso de comunicación.

El aprendizaje del inglés se evidenció al final de cada juego y en los conversatorios, pues se dio la oportunidad de reevaluar el conocimiento y el uso del idioma en contextos reales. De igual manera, el uso del inglés con fines específicos ayuda en la enseñanza- aprendizaje de temáticas en diferentes áreas del conocimiento.

Referencias bibliográficas

Alonso G., José I., Alonso G., Ángel, Aspizua A., María A. *et al.* (2002). *Psicología*. Edit. McGraw-Hill, México. Recuperado de: https://es.scribd.com/document/327758913/AFECTIVIDAD-2-pdf

Ausbel, D. (1968). *Educational psychology: a cognitive view.* New York, Estados Unidos de Norteamérica: Holt, Rinehart and Winston.

Burns, A. (2003). *Collaborative action research for language teachers*. Cambridge: Cambridge University Press.

Brinnetzer, R. M. (1999). *Juegos y t*écnicas *de recreación*. Buenos Aires, Argentina: Bonum Editorial.

Criado, A. (2013). *Estudio acerca de la repercusión de la inteligencia emocional en el* área *de lengua extranjera*. Recuperado de: http://repositorio.ual.es/handle/10835/2340

Díaz, F. (2015). *Estudio acerca del sistema de reconocimiento óptico para mapeo conversión braille-español en el INCI.* Recuperado de: http://repository.unilibre.edu.co

Díaz, M. H. (2008). *Hermenéutica de la lúdica y pedagogía de la modificabilidad simbólica*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.

Elliot, J. (1993). *Action research for educational change*. Bristol, PA: Open University Press.

Fingermann, J. G. (1970). *El juego y sus proyecciones sociales*. Buenos Aires: Ateneo.

Goleman, D. (1995). *La inteligencia emocional*. Barcelona, España: Edit. Kairos.

Jiménez, V. C. (2003). *Neuropedagogía, l**ú**dica y competencias*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.

McTaggart, R. (1996). 'Issues for participatory action researchers'. In: O. Zuber-Skerritt (Ed.) New Directions in Action Research, London: Falmer Press.

Moor, P. (1981). *El juego en la educación*. Barcelona: Herder.

Moyles, J. R. (1990). *El juego en la educación infantil y primaria*. Madrid: Morata.

O'Malley, J. M. & Ann Uhl Chamot (1990). *Learning Strategies in Second Language Acquisition*. Unite States of America: C. U. P.

Oxford, R. (1990). *Language Learning Strategies: What Every Teacher Should Know* (pp. 16-21). USA: Heinle & Heinle Publishers.

Savater, F. (1991). *El valor de educar* (pp. 64-65). Editorial Ariel.

Winnicott, D. W. (1986). *Realidad y juego*. Barcelona: Gedisa. Cuadernos de educación. UCAB sus aportes para el siglo XXI: publicaciones (1997), vol. 1.

CAPÍTULO 2.

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE *Acanthamoeba* spp. OBTENIDAS DE MUESTRAS DE AGUA DE LA CABECERA MUNICIPAL DE LETICIA, AMAZONAS

Sara Lilia Ávila de Navia
Sandra Mónica Estupiñán Torres

Justificación

Las amebas del género *Acanthamoeba* son protozoos de vida libre que se encuentran ampliamente distribuidos en el medioambiente; se han encontrado en una variedad de ecosistemas, como aire, suelo, aguas (dulces, saladas, residuales, embotelladas, piscinas), productos alimenticios, materia fecal, tracto respiratorio, entre otros (Lorenzo-Morales, 2005, y Mahmoudi, 2012). Desempeñan un papel fundamental en el flujo de energía y en el reciclado de los nutrientes; su rápido crecimiento y el hecho de ser un enlace entre desintegradores y niveles tróficos superiores, los hacen parte importante en las cadenas alimentarias acuáticas. El ciclo de vida de estas amebas consta de dos diferentes formas: los trofozoítos, formas tróficas y reproductivas, y los quistes o estadio de resistencia que les permite permanecer viables durante años en el medioambiente. Algunas especies de amebas son patógenas para humanos y animales; además, tienen la capacidad de transportar en forma simbiótica bacterias en el citoplasma y se constituyen en potenciales vectores de otras enfermedades infecciosas (Lorenzo-Morales, 2005, Scheid, 2011). Las patologías ocasionadas por *Acanthamoeba* incluyen queratitis y encefalitis granulomatosa (Khan, 2006, y Lovieno, 2010). Los mecanismos de patogenicidad de estas amebas son aún objeto de estudio, pero se ha reportado que amebas aisladas de medioambiente poseen morfotipos y factores de virulencia similares a los descritos para cepas aisladas de tejidos humanos (Alves, 2012). La alta tasa de anticuerpos específicos (50-100%) en la población sana, confirma que los humanos están con frecuencia expuestos a *Acanthamoeb*a (Alizadeh, 2001, Chappel, 2001, y Brindley, 2009). La clasificación de estas amebas se basa en la estructura de los quistes en grupos I, II y III, y los grupos II y III se han asociado con infecciones en humanos, principalmente queratitis y encefalitis (Pussard, 1977). Se ha reportado que los métodos morfológicos, bioquímicos, inmunológicos y fisiológicos usados para la identificación no son conclusivos (Strarford, 1991, Marciano-Cabral, 2003, Walochnik, 2002, y Chan, 2010). Molecularmente, *Acanthamoeba* se ha clasificado en 17 genotipos (T1 a T17) con base en la región variable del gen de rRNA 18S (Corsaro, 2010, y Nuprasert, 2010). De estos, siete genotipos se han reportado en pacientes con queratitis (T2, T3, T4, T5, T6, T11, T15); de estos, el T4 es el de más alta frecuencia (Booton, 2005, Maghsood, 2005, y Risler, 2013).

El propósito de este trabajo es aislar e identificar *Acanthamoeba* spp. en muestras de agua de la cabecera municipal de Leticia, Amazonas, mediante criterios morfológicos.

Marco teórico

Acanthamoeba es un protozoo oportunista que está ampliamente distribuido en el medioambiente. Tiene dos estadios en su ciclo de vida: uno activo, conocido como trofozoíto, y otro de actividad metabólica mínima, el quiste. Esta ameba causa lesiones cutáneas, infecciones de senos paranasales, keratitis y encefalitis (Khan, 2006, y Visvesvara, 2007). La capacidad de la *Acanthamoeba* para producir infecciones en humanos (especialmente en inmunosuprimidos y usuarios de lentes de contacto), su potencial papel en el ecosistema, su habilidad para actuar como reservorio de microorganismos patógenos y ser un organismo modelo para estudios de motilidad, han hecho que sea considerada, en los últimos años, como un organismo interesante. Además, la *Acanthamoeba* puede tener importancia en el campo veterinario, ya que se ha demostrado que causa infecciones y muerte en vacas, perros, cerdos, conejos, ovejas, reptiles, patos y caballos, entre otros (Taylor, 1997, y Kinde, 2007).

Con base en el tamaño y morfología de los quistes, Pussard y Pons (Pussard, 1977), los clasificaron en tres grupos:

- Grupo I (*A. astronyxis, A. comandoni, A. echinulata y A. tubiashi*) caracterizado por trofozoítos y quistes grandes (> 18 µm) con endoquiste estrellado y ectoquiste esférico, con un amplio espacio entre estos. El quiste presenta más de seis brazos.

- Grupo II (*A. castellanii, A. polyphaga, A. rhysodes, A. mauritaniensis, A. divionensis, A. griffini, A. lugdunensis, A. quina, A. hatchetti y A. triangularis*); dentro de este grupo se encuentran las especies aisladas con mayor frecuencia. Los quistes son más pequeños (< 18 µm), endoquiste poligonal y ectoquiste arrugado.

- Grupo III (*A. culbertsoni, A. lenticulata, A. palestinensis, A. pustulosa y A. royreba*), con quistes pequeños (< 18 µm), endoquiste redondo, o suavemente angular, y ectoquiste liso, o ligeramente arrugado.

Esta ameba presenta dos estadios: trofozoíto y quiste. El trofozoíto es la forma predominante cuando las condiciones son óptimas; es decir, hay abundante fuente de alimento, pH neutro, temperatura apropiada y una osmolaridad entre 50-80 Osmol. El tiempo de generación difiere entre aislamientos para diferentes especies y genotipos entre 8-24 horas. El ciclo de la *Acanthamoeba* es asexual, se divide por fisión binaria (Mahmoudi, 2012). Los quistes son células viables en el ambiente y pueden resistir desecación, frío, calor y falta de alimento, lo que ayuda a la *Acanthamoeba* a dispersarse en el ambiente y a portar otros microorganismos patógenos.

La viabilidad de los quistes de *Acanthamoeba,* tanto en el medioambiente como en el laboratorio, almacenados en agua a 4 ºC, es de aproximadamente 25 años, y mantienen sus capacidades invasivas durante unos 8 años si están conservados en cultivos. Se asume que, en el medio natural, la virulencia se mantiene pasados estos 25 años (Mazur, 1995, y Gilbert, 2002).

La *Acanthamoeba* se ha aislado de diversas fuentes naturales, como: agua de mar, sedimentos oceánicos, playas, suelo, agua de lagos, aguas termales, de la Antártica y del aire. Se ha aislado también de botellas de agua mineral, destilada, residual, torres de enfriamiento de plantas eléctricas y nucleares, ductos de ventilación, humidificadores, unidades de aire acondicionado, duchas, compost,

vegetales, instrumentos quirúrgicos, lentes de contacto, piscinas, unidades de diálisis, estaciones de lavado de ojos, cavidades nasales humanas, heces humanas, biopsias corneales, orina de pacientes críticos, fluido cerebroespinal, entre otros (Khan, 2009).

Por esto se puede afirmar que la *Acanthamoeba* es ubicua en el medioambiente, y existe evidencia por la presencia de anticuerpos anti *Acanthamoeba* en el 100% de la población sana de Nueva Zelanda y más del 85% en los individuos de Londres que proceden de diferentes países (Brindley, 2009).

Técnicas y procedimientos

Las muestras fueron recogidas y procesadas con el protocolo suministrado por el doctor Sixto Raúl Costamagna, profesor asociado de la cátedra de Parasitología Clínica de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Una vez sembradas, las cajas se incuban a 22 °C. A las 48 horas de incubación se realizó la primera observación microscópica para evidenciar si hubo o no crecimiento. El cultivo se considera positivo cuando se observan trofozoítos y/o quistes morfológicamente compatibles con AVL. Cuando el resultado fue negativo, se repitió la observación diaria durante 7 días. Si a los 15 días de incubación el cultivo sigue siendo negativo, se descarta y registra como negativo para el aislamiento de AVL.

En las muestras que resultaron positivas se realizó el estudio morfológico y morfométrico de las cepas aisladas. Se midieron con ocular micrométrico los diámetros mayores de por lo menos 60 quistes, para obtener los tamaños promedio de los mismos.

Se tomaron 21 muestras de agua de los barrios del casco urbano de Leticia y de varias zonas del municipio; estas fueron:

Zona norte

1. Agua de pozo artesiano barrio José María Hernández
3. Agua del acueducto municipal barrio Uribe Uribe
4. Agua del acueducto municipal barrio La Esperanza
5. Agua del acueducto municipal Colegio Francisco del Rosario Vela
19. Quebrada Yahuarcaca

Zona oriental

6. Agua de pozo artesiano barrio Manguare

6A. Agua del acueducto municipal barrio Manguare

7. Agua de pozo artesiano barrio Ciudad Nueva
8. Agua del acueducto municipal Jardín Infantil San José barrio Humarizal
9. Agua del acueducto municipal barrio San Martín
10. Agua del acueducto municipal barrio 11 de noviembre
11. Agua del acueducto municipal barrio Gaitán
12. Agua del acueducto municipal barrio Colombia

Zona sur

13. Agua de lluvia barrio Castañal
14. Agua del acueducto municipal barrio Porvenir
15. Agua de lluvia barrio La Unión
20. Agua de filtro barrio Porvenir

Zona occidental

2. Agua del acueducto municipal barrio José María Hernández occidente
16. Agua potable planta eléctrica

Zona centro

18. Agua del acueducto municipal, cafetería

Río Amazonas

17. Malecón

Resultados

Se realizó el aislamiento de *Acanthamoeba* spp. en el 95,24% de las muestras de agua analizadas; solo una muestra fue negativa (4,76%), que corresponde al agua del acueducto municipal filtrada (figura 1).

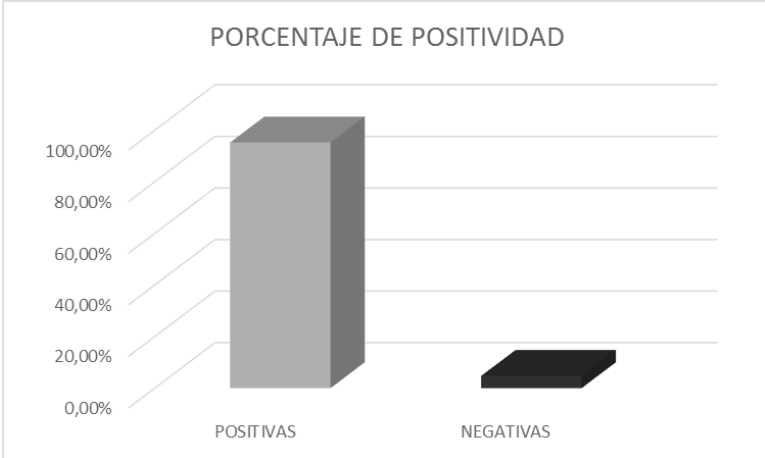


Figura 1. Porcentaje de positividad de las muestras analizadas.

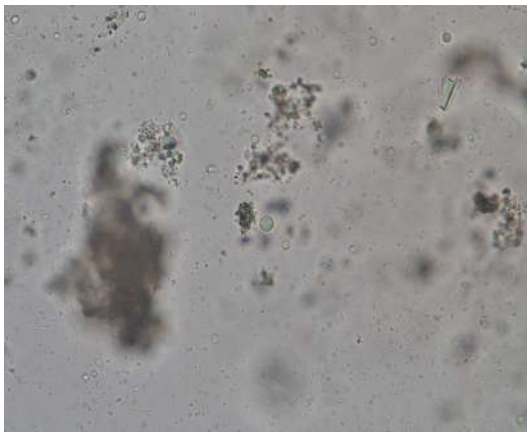
El morfotipo de los quistes se determinó de acuerdo con la presencia de núcleos visibles, endoquistes estrellados o redondeados y ectoquistes arrugados o lisos, lo que permitió su clasificación dentro de los grupos G II y G III.

En las 20 muestras positivas se encontraron quistes que pertenecen al grupo III, que son las más frecuentemente aisladas, y en 4 muestras se encontraron, además de los quistes grupo III, quistes del grupo II, que son los tipos de quistes más dispersos en la naturaleza (tabla 1).

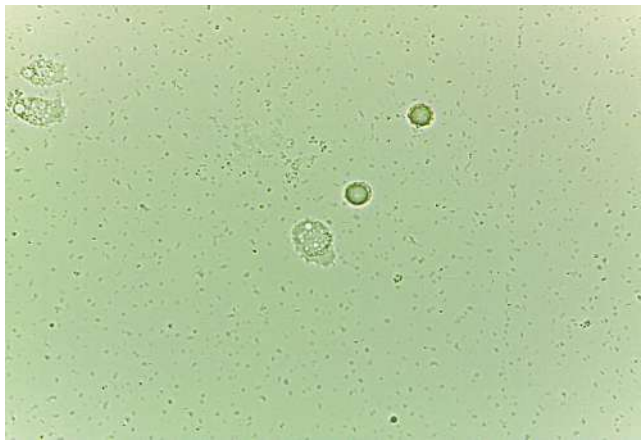
Tabla 1. Clasificación de *Acanthamoeba* spp. aisladas

Muestra	Zona	Origen	Morfología de los quistes	Tamaño promedio (um)	Clasificación
1	Norte	Pozo artesiano	Endoquiste definido, ovalado, redondo. Ectoquiste irregular, aspecto rugoso	12,5	II
			Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	5,5	III
2	Occidente	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	9	III
3	Norte	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	9	III
4	Norte	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	12,5	III

Muestra	Zona	Origen	Morfología de los quistes	Tamaño promedio (um)	Clasificación
5	Norte	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	12,5	III
6	Oriente	Pozo artesiano	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	7,5	III
6A	Oriente	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	7,5	III
7	Oriente	Pozo artesiano	Endoquiste definido, ovalado, redondo. Ectoquiste irregular, aspecto rugoso	11,25	II
			Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
8	Oriente	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
9	Oriente	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	8,75	III
10	Oriente	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	7,5	III
11	Oriente	Acueducto municipal	Endoquiste definido, ovalado, redondo. Ectoquiste irregular, aspecto rugoso	10	II
			Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	7,5	III
12	Oriente	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	17,5	III
13	Sur	Agua de lluvia	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
14	Sur	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
15	Sur	Agua de lluvia	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
16	Occidente	Agua potable	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
17	Centro	Río Amazonas	Endoquiste definido, ovalado, redondo. Ectoquiste irregular, aspecto rugoso	10	II
			Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	10	III
18	Centro	Acueducto municipal	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	11,25	III
19	Norte	Quebrada Yahuarcaca	Endoquiste redondo, sin ectoquiste aparente, núcleo no visible	11,25	III
20	Sur	Acueducto municipal filtrada	Negativo	-	-



A. Quistes tipo II y trofozoítos



B. Quistes tipo III

Figura 2. Características morfológicas de algunas *Acanthamoeba* spp. aisladas.

Discusión

Las muestras positivas de agua de consumo (19 muestras), es decir, las tomadas de los grifos de las viviendas, agua de lluvia y pozos de suministro de agua, corresponde al 94,8%, la única muestra negativa fue la tomada de un grifo donde había instalado un filtro. Este porcentaje difiere al encontrado por Thomas *et al*., en 2006, en Suiza (7,5%) (Thomas, V., 2006). Sin embargo, Thomas y Ashbolt (2011), reportan que en 19 estudios realizados en diversos países (Norteamérica, Suramérica, Asia y Europa) la identificación de AVL superaba, en la mayoría de los casos, el 10% (Seal, 2003, Thomas, 2011).

La distribución del género *Acanthamoeba* difiere de unos estudios a otros, aunque los cuerpos de agua estudiados y las técnicas utilizadas sean similares. En Pakistán y México, en el agua de red, un 30% y 27,5%, respectivamente, de las muestras estudiadas resultaron positivas para *Acanthamoeba* (Yousuf, 2013, Bonilla-Lemus, 2010).

Es importante señalar que, en el presente estudio se aisló *Acanthamoeba* spp. de la bocatoma de la quebrada Yahuarcaca, que surte de agua al municipio de Leticia. De esta manera las amebas llegan a la planta de potabilización de aguas y allí se lleva a cabo el proceso de desinfección para hacer que esta sea apta para el consumo. Posteriormente, pueden colonizar las conducciones de agua y diseminarse. Se debe presumir que estas amebas son resistentes a los métodos de desinfección utilizados. Resultados reportados por García *et al*. (2013), del análisis de tres plantas potabilizadoras (España) se encuentra la presencia de AVL en 7,2% de las muestras de agua al final del tratamiento (García, 2013). En el estudio de Hoffmann y Michel se afirma que el tratamiento del agua en las plantas potabilizadoras reduce el número de AVL (Hoffmann, 2001).

Las dos muestras procedentes de otras fuentes, como son la quebrada Yahuarcaca y el malecón del río Amazonas, fueron positivas. En Bulgaria, en el año 2004, se identificó *Acanthamoeba* en un 61,1% de las muestras de aguas naturales estudiadas (Tsvetkova, 2004), y en el año 2012, en Irán, se encontró *Acanthamoeba* en 19 de las 27 (70,3%) muestras estudiadas de aguas superficiales (Mahmoudi, 2012), lo que confirma la ubicuidad de estas amebas en diferentes fuentes de agua.

Conclusiones

Se realizó el aislamiento de *Acanthamoeba* spp. en el 95,24% de las muestras de agua analizadas en el municipio de Leticia, Amazonas.

En la caracterización morfológica de los aislamientos se obtuvo como resultado que en 16 muestras se encontraron quistes del grupo III, que son los más frecuentemente aislados, y en 4 muestras se encontraron, además de los quistes grupo III, quistes del grupo II, que son los tipos de quistes más dispersos en la naturaleza.

Propuestas

Es necesario realizar estudios adicionales en otras regiones geográficas, tipos de agua y ambientes de Colombia para conocer con mayor certeza la epidemiología de *Acanthamoeba*.

Referencias bibliográficas

Alizadeh, H., A. S.-A. (2001). Tear IgA and serum IgG antibodies against *Acanthamoeba* in patient with *Acanthamoeba* keratitis. *Cornea*, 622-627.

Alves, D. de S., M. A.-G. (2012). Occurrence and characterization of *Acanthamoeba* similar to genotypes T4, T5 and T2/T6 isolated from environmental sources in Brasilia, Federal District, Brazil. *Exp Parasitol*, 239-44.

Bonilla-Lemus, P. *et al*. (2010). *Acanthamoeba spp.* in domestic tap water in houses of contact lens wearers in the metropolitan area of Mexico City. *Exp Parasitol*, 54-8.

Booton, G. C., V. G. (2005). Identification and distribution of *Acanthamoeba* species genotypes associated with nonkeratitis infections. *J Clin Microbiol*, 1689-1693.

Brindley, N., M. A. (2009). *Acanthamoeba* castellanii: high antibody prevalence in racially and ethnically diverse populations. *Exp Parasitol*, 254-256.

Chan, L. L., M. J. (2010). Isolation and characterization of *Acanthamoeba* spp. from air conditioners in Kuala Lumpur, Malaysia. *Acta Trop*, 23-30.

Chappell, C. L., W. J. (2001). Standardized method of measuring Acanthamoeba antibodies in sera from healthy human subjects. *Clin Diagn Lab Immunol*, 724-730.

Corsaro, D., V. D. (2010). Phylogenetic evidence for a new genotype of *Acanthamoeba (Amoebozoa, Acanthamoebida)*. *Parasitol Res*, 233-8.

García, A., G. P. B. (2013). Identification of free-living amoebae and amoeba-associated bacteria from reservoirs and water treatment plants by molecular techniques. *Environ Sci Technol*, 3132-40.

Gilbert, G., R. D. (2002). Crescent Bodies of Parachlamydia *Acanthamoeba* and Its Life Cycle within *Acanthamoeba* polyphaga: An Electron Micrograph Study. *Appl and Environmen Microbiol*, 3076-84.

Hoffmann, R., M. R. (2001). Distribution of free-living amoeba (FLA) during preparation and supply of drinking water. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 215-219.

Khan, N. A. (2006). *Acanthamoeba*: biology and increasing importance in human health. *FEMS Microbiol Rev.*, 564-95.

Khan, N. A. (2009). *Acanthamoeba: Biology and pathogenesis*. Caister Academis Press.

Khan, S. A. (2012). Biology and pathogenesis of *Acanthamoeba*. *Parasites & Vectors*, 6-10.

Kinde, H., R. D. (2007). Infections caused by pathogenic free-living amebas (Balamuthia mandrillaris and *Acanthamoeba sp*.) in horses. *J Vet Diagn Invest*, 317-22.

Lorenzo-Morales, J. *et al*. (2005). Evaluation of *Acanthamoeba* isolates from environmental sources in Tenerife, Canary Islands. *Ann Agric Environ Med*, 233-236.

Lovieno, A., L. D. (2010). Detection of Bacterial Endosymbionts in Clinical *Acanthamoeba* Isolates. *Ophthalmology*, 445-52.

Maghsood, A. H., S. J. (2005). *Acanthamoeba* genotype T4 from the UK and Iran and isolation of the T2 genotype from clinical isolates. *J Med Microbiol*, 755-759.

Mahmoudi, M., T. N. (2012). Isolation of *Acanthamoeba* species in surface waters of Gilan province-north of Iran. *Parasitol Res*, 473-7.

Marciano-Cabral, F., C. G. (2003). *Acanthamoeba spp*. as agents of disease in humans. *Clin Microbiol Rev*, 273-307.

Mazur, T. H. (1995). The duration of the cyst stage and the viability and virulence of *Acanthamoeba* isolates. *Trop. Med. Parasitol*., 106-108.

Nuprasert, W., P. C. (2010). Identification of a novel T17 genotype of *Acanthamoeba* from environmental isolates and T10 genotype causing keratitis in Thailand. *J Clin Microbiol*., 4636-40.

Pussard, M., P. R. (1977). Morphologies de la paroikystique e taxonomie du genere *Acanthamoeba* (Protozoa, Amoebida). *Protistologica*, 557-610.

Risler, A., C. G. B. (2013). Genotyping and phylogenetic analysis of *Acanthamoeba* isolates associated with keratitis. *Parasitol Res*, 3807-3816.

Scheid, P. L., S. R. (2011). Free-living amoebae as vectors of Cryptosporidia. *Parasitol Res*, 499-504.

Seal, D., B. T. (2003). *Acanthamoeba* keratitis. *Br J Ophthalmol*., 516-517.

Strarford, M. (1991). Variations in the properties and morphology of cyst of *Acanthamoeba* castellanii. *J. Gene. Microbiol*., 33-37.

Taylor, P. W. (1997). Isolation and experimental infection of free-living amebae in freshwater fishes. *J Parasitol*, 232-7.

Thomas, J. M., Ashbolt, N. J. (2011). Do free-living amoebae in treated drinking water systems present an emerging health risk? *Environ Sci Technol*., 860-9.

Thomas, V., H. R. K. (2006). Biodiversity of amoebae and amoeba-resisting bacteria in a hospital water network. *Appl Environ Microbiol*., 2428-38.

Tsvetkova, N., S. M. (2004). The identification of free-living environmental isolates of amoeba from Bulgaria. *Parasitol Res*., 405-413.

Visvesvara, G. S., M. H. (2007). Pathogenic and opportunistic freeliving amoebae: *Acanthamoeba spp*., Balamuthia mandrillaris, Naegleria fowleri, and Sappinia diploidea. *FEMS Immunol Med Microbiol*, 1-26.

Walochnik, J., D. M. (2002). Cytotoxic activities of alkylphosphocholines against clinical isolates of *Acanthamoeba spp*. *Antimicrob Agents Ch*, 695-701.

Yousuf, F. A., S. R. (2013). Status of free-living amoebae (*Acanthamoeba spp*., Naegleria fowleri, Balamuthia mandrillaris) in drinking water supplies in Karachi, Pakistan. *J Water Health*, 371-5.

CAPÍTULO 3.

MICROORGANISMOS Y AGUA DE RIEGO EN CULTIVOS URBANOS Y PERIURBANOS, BOGOTÁ, COLOMBIA

Ligia Consuelo Sánchez Leal
Lucía Constanza Corrales Ramírez
Martha Lucía Posada Buitrago

Introducción

El crecimiento y desarrollo de las plantas, sea para producción, ornato, sustento o negocio, requiere dos elementos básicos: un buen suelo, donde haya los nutrientes para su sustento, y el agua, que ayuda a conducir los nutrientes, le aporta iones a la planta y mantiene la turgencia de las células (Kalmanovitz, 1982).

La agricultura es la labor más antigua del hombre; no obstante, en el tiempo, los procesos masivos de producción y los monocultivos han llevado a la contaminación progresiva de los recursos naturales. Por mucho tiempo, los agricultores utilizaron técnicas culturales para mantener una buena producción, pero hechos históricos, como las guerras mundiales, dieron paso a una era industrial diferente para la agricultura, aparecieron los fertilizantes químicos y los plaguicidas como forma de proteger los cultivos. La agricultura, ahora, es una forma de negocio para quienes la practican y, por tanto, se convierte en el sustento de las familias para su calidad de vida (Sánchez, 2008).

Como consecuencia del uso excesivo de estos químicos, el agua, que hasta ahora estaba disponible para consumo humano y animal, se contamina cada vez más rápido y, en consecuencia, los suelos se salinizan, degradan y erosionan más rápido. Los recursos naturales se utilizan sin descanso y sin tomar las medidas para que se recuperen, y en muchos lugares del mundo ya es imposible volver a usarlos. Actualmente, algunos agricultores han cambiado las estrategias de manejo y empezado a utilizar la agricultura orgánica y otras técnicas limpias como acción para la sostenibilidad de los recursos naturales (Sánchez, 2008).

El agua que se usa para riego es obtenida por el agricultor de diferentes fuentes. La más utilizada en países del trópico, como Colombia, es el agua lluvia, porque está disponible todo el año y no genera costos; sin embargo, los contaminantes de las industrias, el transporte aéreo, terrestre y de otras procedencias, han hecho que la lluvia se vuelva **ácida,** es decir que esté cargada de concentraciones de dióxido de azufre y **óxidos** de nitrógeno (Sierra, 2011). Estos compuestos fluyen y se quedan en los ecosistemas acuáticos, y cambian el pH a niveles de acidez que tienen influencia negativa en los cultivos. Se sabe que la lluvia **ácida** penetra en el suelo y puede disolver nutrientes como magnesio, calcio, y también hace que el aluminio quede suelto en el suelo. En relación con el almacenamiento, los depósitos utilizados por los agricultores para el agua lluvia, por lo general tienen una superficie amplia y la llevan al cultivo a través de diferentes sistemas de riego, situación que la expone permanentemente a todo tipo de contaminantes (Rathore *et al.*, 2017).

Otra fuente es el agua superficial, que corresponde a la que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Pueden ser de dos tipos, lóticas o corrientes, como ríos, manantiales,

riachuelos y arroyos, y lénticas que corresponden a aguas quietas como lagos, humedales y pantanos. En Colombia, en particular en la zona Andina, la riqueza hídrica superficial es casi ilimitada; sin embargo, la urbanización, explotación agroindustrial y minera han disminuido la cantidad y calidad del agua disponible y, por tanto, se debe recurrir a otras fuentes.

Una fuente que ha dado lugar a controversia, pero que es una alternativa para el riego agrícola, es el agua residual; para su uso, debe ser sometida a un tratamiento adecuado que minimice los contaminantes biológicos y químicos sin detrimento de sus componentes minerales. En Colombia, y en varias partes del mundo, las normas en general solo restringen agua con coliformes para usar agua residual como riego; países desarrollados utilizan sistemas de humedales artificiales, los cuales tienen una alta eficiencia para tratar el agua residual. Por lo general, estos sistemas biológicos son combinados con procesos físicos para detener las partículas más grandes, y luego son sometidos a los sistemas biológicos en donde se combinan plantas macrófitas y microorganismos presentes en sus rizósferas (Melo, 2012).

Cualquiera que sea la fuente, la población microbiana hace presencia en el agua por el contenido de oxígeno y por las partículas sólidas a las que generalmente se adhieren. Así, las especies que se reportan están sujetas a una identificación posterior al crecimiento en medios de cultivo convencional, pero otro número de microorganismos no son cultivables.

Una de las principales limitaciones de las pruebas convencionales microbiológicas cuando se quiere estudiar una comunidad en una muestra, es que todas las especies sean cultivables. La metagenómica es el estudio de la genómica de una comunidad microbiana (Escobar-Zepeda *et al.*, 2015). Consiste en "hacer uso de técnicas modernas de secuenciación" para estudiar los microorganismos directamente en su ambiente natural y no se requiere hacer aislamiento y cultivo en el laboratorio. Para este proyecto, se realizará en forma simultánea todo el montaje y aislamiento de microorganismos convencionales y se compararán los resultados de los microorganismos cultivables, frente a la gran información que arroja el estudio metagenómico para que los investigadores auxiliares, estudiantes de semillero y los investigadores del grupo establezcan la importancia de encontrar en las ciencias "**ó**micas" una herramienta que va más allá de nuestra formación y permita entrar a las redes de información que se mueven en este campo en el mundo.

Agricultura y agua de riego

La Unesco, en el 2009, estimó que, del agua del planeta disponible para uso, del 70 al 80% se utiliza para fines agrícolas, el 20% en la industria y el 6% para uso doméstico (Unesco, 2009). En los países en desarrollo el agua para riego supone un porcentaje más alto. En la Unión Europea el agua utilizada para fines agrícolas representa el 30%. Estos porcentajes varían de acuerdo con el clima, características del suelo, tipo de cultivo y con la técnica (Albajes, 2012).

El riego es el procedimiento por el cual se hace un aporte de agua al suelo para que las plantas puedan desarrollarse y crecer. La calidad del agua para riego depende de la composición y concentración de los sólidos y compuestos que contenga en solución o suspensión, y que son adquiridos durante el desplazamiento desde donde se tiene la fuente hasta que llega al cultivo (Legaz *et al.*, 2014). Esa calidad es determinante en el comportamiento de los suelos y los cultivos en los aspectos

relacionados con la salinización, la dispersión o destrucción de la estructura y la diseminación de plagas y enfermedades (Rathore *et al.*, 2017).

Actualmente, las características que le asignan la calidad al agua de riego, son las concentraciones totales de sólidos en suspensión y sales solubles, la concentración relativa de sodio en relación con otros cationes, la concentración de boro u otros elementos tóxicos, la dureza del agua y la presencia de semillas de malezas, residuos vegetales, esporas de hongos, huevos o larvas de insectos (Legaz *et al.*, 2014).

El análisis del agua se realiza para evaluar las características de un subsistema y sus resultados; además de reflejar su estado, se utiliza en la toma de decisiones en materia de legislación, al integrar medidas que controlen y protejan el sistema agrícola (California Water Board, 2017). La etapa de muestreo representa un punto crítico dentro de los procedimientos microbiológicos para el agua de riego, ya que si no se obtiene una parte representativa de la población y no se conservan las concentraciones originales de los componentes, pueden presentar cambios significativos en su estructura antes del análisis. Investigadores han descrito y ensayado diversos métodos, y considerado el hecho de hacerlos cada vez más eficientes para reflejar el comportamiento microbiológico del subsistema acuático con destino al agua de riego (California Water Board, 2017). Para seleccionar el punto exacto de muestreo, se deben incluir, dentro del plan de toma de muestra, aspectos como: la accesibilidad que facilita la obtención y el transporte de la muestra, la representatividad, de la cual depende la relevancia de las características generales del cuerpo de agua (Legaz *et al.*, 2014).

El crecimiento de microorganismos acuáticos está afectado por una gran variedad de factores físicos y químicos, que pueden actuar complementaria o antagónicamente entre sí, estos factores influyen no solo en el tamaño y composición de las poblaciones microbianas, sino en la morfología y fisiología de sus componentes individuales, que produce cambios considerables en el metabolismo, morfología celular y reproducción; por esta razón, la supervivencia de los microorganismos en el agua es muy variable, incluso para especies relacionadas (Rheiner, 2000).

Microorganismos y herramientas moleculares

La caracterización de los microorganismos presentes en el agua, antes de la aparición de las herramientas moleculares de nueva generación, había sido muy limitada en cuanto al conocimiento que arrojaba. Inicialmente, la microbiología convencional identificaba la microbiota que podía crecer en medios de cultivo artificiales, a los cuales se les agregaban componentes especiales de acuerdo con la procedencia de la muestra.

Posteriormente, el análisis evolucionó a la extracción de ácidos nucleicos y a la amplificación de genes conservados para realizar la secuenciación, obtener la identidad de los microorganismos presentes en la muestra y realizar estudios filogenéticos. Esta herramienta molecular dio un gran paso en la caracterización de la microbiota de un ambiente acuático, porque ya se podía investigar un buen número de organismos vivos, cultivables o no.

La investigación y la biotecnología superaron estos límites, y como resultado aparece la metagenómica, con la cual ya no solo se identifica, sino que, además, permite hacer un estimado de la

diversidad, establecer si la comunidad microbiana cambia en el tiempo, si hay diferencias de su distribución de acuerdo con la profundidad, e incluso establecer su funcionalidad. Con la aparición de la secuenciación de próxima generación, en inglés *Next Generation Sequencing* (NGS), el número de estudios se multiplicó rápidamente, incluso para caracterizar los cambios de las comunidades microbianas debidos al cambio climático y el impacto antropogénico (Staley *et al.*, 2015).

La muestra que se requiere para NGS es variable; Staley y colaboradores recomiendan analizar cada sitio donde se tomaría la muestra en particular, y elegir muy bien la metodología a utilizar en cuanto a volumen, tamaño del poro del filtro y región de secuenciación. Sugieren que cuando la muestra sea relativamente limpia o transparente no se requiere filtración previa, pero el agua de sistemas turbios, como ríos, agua residual o agua lluvia, la filtración inicial debe realizarse con cuatro capas de gasa y luego por filtros de 0,22 µm (Staley *et al.*, 2015).

Se estima que más del 99% de los microbios en el mundo, hasta hoy, no son cultivables, y además que los cultivables pertenecen solo a cuatro *Phylum, Actinobacteria, Bacterioidetes, Firmicutes y Proteobacteria*. Por tanto, la metagenómica es un medio para acceder, caracterizarlos y cuantificarlos, descubrir nuevos genes, vías metabólicas y productos importantes con relevancia biotecnológica, farmacéutica y médica (Culligan *et al.*, 2014).

El análisis metagenómico ha desplazado otras herramientas moleculares por su eficiencia, ya que se lleva a cabo directamente de la muestra tomada del ambiente natural y no se requiere hacer aislamiento en el laboratorio, con lo que se obtiene una alta resolución a nivel de análisis de especie, estructura y diversidad de las comunidades (Mohiuddin *et al.*, 2017).

La metagenómica evalúa, también, el comportamiento de los metabolitos de los ecosistemas, lo cual permite establecer la taxonomía, análisis del dinamismo de las reacciones químicas y de los ciclos biogeoquímicos (Álvarez-Yela *et al*., 2017). Permite, además, examinar las respuestas de los ecosistemas a los cambios ambientales, al partir de las concentraciones de contaminantes, condiciones geoquímicas y generación de nuevos genes, entre otros (Costa *et al.*, 2015).

Nakayama y colaboradores realizaron un estudio del agua en el rio Mekong, en Vietman, para evaluar la presencia de antimicrobianos, genes de resistencia y su influencia sobre la diversidad bacteriana, en el que utilizaron análisis metagenómico basado en el rDNA 16S para caracterizar la microbiota acuática. Los resultados evidenciaron residuos de sulfametoxazol y sulfadimidin, junto con genes *sulfa* y *sul2*, y el gen de resistencia a β-lactamasa *blaCTX-M-1* en varios sistemas de agua dulce (Nakayama *et al.*, 2017).

La metagenómica también ha sido utilizada para estudios en agua subterránea; Das y colaboradores determinaron la diversidad estructural y funcional presente en las comunidades microbianas de aguas subterráneas del sistema acuífero del delta del Ganges contaminadas con arsénico. Ellos utilizaron la técnica de recolección de datos metagénicos, y obtuvieron secuencias codificantes que proporcionaron la clasificación taxonómica de la población microbiana e indicaron el porcentaje de las proteínas reguladoras de las funciones metabólicas y las proteínas reguladoras de los procesos celulares, lo que indicó una visión en el aspecto funcional de los genes dentro del ciclo biogeoquímico del arsénico en las aguas subterráneas contaminadas de Assam (Das *et al*., 2017).

Bogotá región. Agricultura urbana y periurbana

A diferencia de las zonas rurales, las ciudades son áreas en donde hay un alto nivel de interferencia humana con los procesos naturales. La hidrología urbana desempeña un papel cada vez más importante en la sostenibilidad de las sociedades humanas. La población urbana crece de forma acelerada y simultáneamente las fuentes de agua sufren un decrecimiento, no tanto en cantidad como en calidad. El crecimiento de las áreas urbanas significa cambios físicos en las propiedades de la superficie del suelo y los efectos que trae en los sistemas lóticos son graves, porque cambia la permeabilidad del suelo, la infiltración decrece, en consecuencia, se acelera la erosión y pérdida de agua en la superficie y se contaminan ríos y lagos (Niemczynowicz, 1999).

Toda la planificación y desarrollo de las zonas urbanas, el diseño de estructuras artificiales y todas las actividades de gestión del agua en las ciudades deben tener en cuenta las condiciones climatológicas e hidrológicas locales y las posibles interacciones con las zonas rurales de la ciudad (Niemczynowicz, 1999).

Bogotá tiene una zona de influencia muy amplia, tanto así que desde hace unos años se habla de Bogotá Región Capital. La denominada Región Capital, Bogotá- Cundinamarca, analizada por el gobierno Distrital y la Gobernación de Cundinamarca, es un territorio de gran importancia para el desarrollo del país. Las relaciones que se han establecido desde hace aproximadamente 15 años no son solo económicas sino sociales, culturales, políticas y ecológicas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015). La actividad número uno de la región es el urbanismo y el crecimiento de población, por tanto, el Distrito Capital y los municipios que ocupan el primer anillo, que son los más cercanos a la capital, están recibiendo un alto número de personas que duermen en estos municipios y se desplazan a trabajar en Bogotá. La segunda actividad es mercantil y la tercera es la agricultura que, además, permite la seguridad alimenticia de la región (Cofie y Van Veenhuizen, 2008).

Por otra parte, a diferencia de otros países, en donde los recursos hídricos son escasos, la Región Capital es una de las más ricas en cuerpos de agua, especialmente en sistemas lóticos, debido a la cercanía de la cordillera Oriental donde nacen ríos que atienden la mayoría de las necesidades de la población. Los ríos, que de alguna manera estarían implicados o tendrían alguna influencia en el uso del agua en labores de riego que espera ser analizada en este proyecto, serían para el cultivo urbano ubicado en la localidad de Bosa, los ríos Bogotá y Tunjuelo. El río Bogotá es la principal fuente hídrica de la sabana de Bogotá y se encuentra dividido en tres zonas o cuencas; es el receptor de los aportes domésticos de los habitantes de la sabana y la ciudad (Maya *et al.*, 2009).

La descarga de aguas residuales se hace sin considerar las condiciones del medio donde se realiza, con el vertimiento directo a los cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos y mares) y al suelo, como los métodos más comunes de evacuación de estas aguas en la mayoría de ciudades de los países en desarrollo. Estas prácticas no respetan las regulaciones municipales o los estándares de calidad para el agua de riego, lo que representa problemas ambientales y riesgos para la salud (reutilización de aguas residuales), así como lo expresa S. Braatz, "el aumento constante en la demanda de agua para consumo humano y de las aguas residuales producidas por las comunidades urbanas e industrias de todo el mundo, plantea problemas potenciales para la salud y el medioambiente" (Arcos *et al.*, 2005). Con relación al río Tunjuelo, recibe toda la descarga de empresas de curtiembres, de pinturas y la carga doméstica de la zona que cruza en Bogotá.

La zona denominada sabana de Bogotá está ubicada en el departamento de Cundinamarca y en el Distrito Capital, en la cordillera Oriental, y es la altiplanicie más extensa de los Andes colombianos. Los límites geográficos del este y el oeste son cadenas montañosas, al oeste el cerro más importante es el de Manjuí, al este los cerros de Monserrate y Guadalupe, al sureste el páramo de Sumapaz. Al norte limita con las provincias del valle de Ubaté y Rionegro, al occidente con las provincias de Gualivá y Tequendama, al sur con la provincia del Sumapaz y al oriente con las provincias de Oriente, Guavio y Almeidas (Departamento Nacional de Planeación, 2004).

La ciudad de Bogotá, Distrito Capital, está en el centro de Cundinamarca y la constituyen 20 localidades: Usaquén, Chapinero, Santafé, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, La Candelaria, Rafael Uribe Uribe, Ciudad Bolívar y Sumapaz.

El río Bogotá nace en la región nororiental de Cundinamarca, en el páramo de Guacheneque, de la laguna del Valle, en el municipio de Villapinzón, de la cordillera Oriental de Colombia, a 3.300 m.s.n.m., desde allí recorre 380 km hasta el barrio La Boca, en Girardot, a 280 m.s.n.m., donde entrega todo su caudal al río Magdalena. Está dividido en tres tramos, la cuenca alta con 170 km, la cuenca media con 90 km de largo y la cuenca baja con 120 km.

La cuenca alta comprende desde el nacimiento del río en el páramo de Guacheneque, en Villapinzón, hasta el puente de La Virgen en Cota; el caudal es regulado por dos embalses, el embalse de Tominé y el del Sisga. Recibe las aguas residuales de 18 municipios de Cundinamarca, con una población aproximada de 650.000 personas (DANE, 2008)

La cuenca media comprende desde el puente de La Virgen, en Cota, hasta el embalse del Muña en Alicachín; recibe el caudal de aguas residuales del drenaje del sistema urbano de Bogotá y sus áreas periféricas; las cuencas de drenaje reciben el nombre de las corrientes naturales que cruzan la ciudad, ríos Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo. Recibe aguas residuales de las 20 localidades de Bogotá y de 8 municipios.

Ninguna de las aguas residuales provenientes de uso residencial es tratada por algún método y, por tanto, el río Bogotá recibe una alta cantidad de contaminantes químicos y orgánicos por cuenta de este uso.

La población urbana es aproximadamente del 80 al 90% de la población entre las comunidades de Bogotá y los 26 municipios; la población rural es baja, entre el 10 y 20%, y se encuentra en especial en los municipios de Cota y Cajicá.

Las cuencas alta y media presentan una estructura económica diversificada, y está ligada al uso de recursos naturales, al desarrollo de la actividad agrícola y minera y a producción industrial. La principal base económica de las cuencas es la explotación ganadera y la cría de ganado lechero.

Los conceptos de agricultura urbana y periurbana nacen de un conflicto entre lo rural y urbano, por el crecimiento desmesurado de las grandes ciudades; por lo general las ciudades capitales, como una forma de obtener los beneficios del campo en la comodidad de la ciudad (Ramírez, 2003). El Distrito Capital Bogotá ya entró en esa categoría, y desde hace aproximadamente 15 años se habla

de Bogotá región, que corresponde a Bogotá y Cundinamarca, en donde se observa la influencia de doble vía en lo económico, social, cultural, político y ecológico. Las 20 localidades tienen zonas urbanas y varias de estas zonas rurales bien definidas, como es el caso de la Localidad de Santafé. En Bogotá existe un programa de agricultura urbana, que aún no tiene claridad pero que ya hace parte del desarrollo de la ciudad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Organización de las Naciones Unidas, 2017) propuso, en el año 1999, el término "agricultura urbana y periurbana" al "cultivo de plantas y cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades". De esta manera, esas grandes ciudades pueden abastecerse de alimentos frescos con generación de empleo, utilizar residuos sólidos urbanos, crear cinturones verdes y fortalecer la resiliencia de estas ciudades-región.

El concepto ha generado muchas discusiones e involucra toda la problemática de la sobrepoblación en las grandes ciudades y la migración del campesino a la ciudad, en donde es muy difícil encontrar un trabajo adecuado o una valoración adecuada de su trabajo y, por tanto, el detrimento de su calidad de vida que lo lleva a ubicarse en zonas marginales y a dedicarse a actividades que agudizan el problema de pobreza y desempleo (Méndez, 2005).

Es interesante cómo un trabajo del área microbiológica debe estar enmarcado en varias disciplinas; por una parte, está todo el manejo del agua para la agricultura, en donde se refleja que, aunque es un trabajo antiguo, las repercusiones que ha tenido a lo largo de la existencia humana son profundas y van al lado de los diferentes momentos de cambio de las actividades sociales, culturales y políticas en cada época de la Historia.

Adicionalmente, se observa cómo desde los años noventa para los países desarrollados y para algunos países latinoamericanos, como Brasil y Chile, debido a la conciencia pública de ciudades diversificadas, aparece el concepto de agricultura orgánica. Pero, en definitiva, son los países desarrollados los que empiezan a trabajar sobre la integración de la ciudad con la agricultura y la alimentación (Kalmanovitz, 1982). Entonces, los factores socioculturales y políticos, así como la construcción y vivienda se deben involucrar también en este proceso, porque precisamente los asentamientos humanos son los que van a causar consecuencias sobre las fuentes de agua que podrían ser utilizadas como riego para la agricultura urbana y periurbana.

Si bien los desplazamientos forzados y la búsqueda de oportunidades han llevado a que los agricultores se vayan en masa a las ciudades, es necesario que también hagan esfuerzos por conservar los lazos con la tierra, y es precisamente a través de la agricultura urbana y periurbana que pueden hacerlo (Hough, 1998).

En 2014 y 2015, la Alcaldía Mayor de Bogotá analizó la dinámica de la ocupación del suelo y definió las relaciones urbano-regionales y los sistemas de competitividad a través de dos documentos, así como la Guía de lineamientos sostenibles para el cultivo rural. Esto significa que se dio un paso muy importante para el desarrollo de la agricultura urbana y periurbana en términos de políticas. Faltaría, realmente, poner en acción programas y normas claras sobre estas actividades, por lo que el grupo Ceparium considera de gran importancia el aporte que realizará a través del presente estudio.

Referencias bibliográficas

Albajes, R. & Romagosa, I. (2012). Retos tecnológicos en la producción catalana. En: Jornada Autonómica de Cataluña. Cataluña.

Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá Humana (2015). *Guía de lineamentos sostenibles para el cultivo rural.* Bogotá, Colombia: UNAL.

Alcaldía Mayor de Bogotá (2014). *Región Metropolitana de Bogotá: una visión de la ocupación del suelo*. Bogotá, Colombia: Exprecards S.A.S.

Álvarez-Yela, A., Álvarez-Silva, M. C., Restrepo, S., Husserl, J., Zambrano, M. M., Danies, G., Gómez, J. & González, A. (2017). Influence of agricultural activities in the structure and metabolic functionality of paramo soil samples in Colombia studied using a metagenomics analysis in dynamic state. *Ecological Modelling*, 351: 63-76.

Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S. & Gómez, A. (2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia.

Burgos, F. (2007). Estudio de factibilidad para creación de microempresa de cultivo de plantas alimenticias en espacios urbanos en la localidad Antonio Nariño en Bogotá a partir del proyecto de agricultura urbana del plan de desarrollo "Bogotá sin indiferencia". Universidad de La Salle.

California Water Board (junio 10 del 2014). General waste discharge requirements for recycled water use. Recuperado de: http://www.waterboards.ca.gov/board_decisions/adopted_orders/water_quality/2014/wqo2014_0090_dwq_revised.pdf/

Cofie, O. & Van Veenhuizen, R. (septiembre del 2008). Agua y agricultura urbana. *Revista Agricultura Urbana*. Número 20.

Cóndori, D. Uso agrícola del agua del río Bogotá y fragmentación socioespacial heredada del municipio de Mosquera. Recuperado de: http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/rpg_8.pdf

Costa, P., Reis, M., Ávila, M., De Araújo, F., Salim, A., Oliveira, G., Barbosa, F., Chartone-Souza, E. & Nascimento, A. (2015). Metagenome of a Microbial Community inhabiting a metal-rich tropical stream sediment. *PLosONE, 10* (3): e0119465. doi: 10.1371/journal.pone.0119465.

Culligan, E., Sleator, R., Marchesi, J. & Hill, C. (2014) Metagenomics and novel gene discovery. Promise and potential for novel therapeutics. *Virulence, 5* (3): 399-412.

Das, S., Sankar, S., Yadav, R. N. S. & Barooah, M. (2017). A metagenomic approach to decipher the indigenous microbial communities of arsenic contaminated groundwater of Assam. *Genomics Data*, 12: 89-96.

De Vere, L. & Cooper, E. L. (2009). *Agrociencia, fundamentos y aplicaciones* (4.ª ed.). Cengage Learning Editores S.A.

Departamento Nacional de Planeación, República de Colombia. Documento Conpes 3320: Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá. 2004. Recuperado de:

http://www.humboldt.org.co/iavh/documentos/politica/conpes/CONPES%203631%20RECUPERACION%20AMBIENTAL%20RIO%20BOGOTA.pdf

Escobar-Zepeda, A., Vera-Ponce de León, A. & Sánchez-Flores, A. (2015). The Road to Metagenomics: From Microbiology to DNA Sequencing Technologies and Bioinformatics. *Frontiers In Genetics*, 6. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.3389/fgene.2015.00348

Hough, M. (1998). *Naturaleza y ciudad: planificación urbana y proceso ecológico*. España: Editorial Gustavo Gili.

Kalmanovitz, S. (1982). *El desarrollo de la agricultura en Colombia*. Bogotá, Colombia: Editorial La Carreta.

Kramer, P. (1974). *Relaciones hídricas de suelos y plantas*. Madrid, España: McGraw-Hill.

Legaz, M., Serna, A. & Ferrer, V. (2014). Procedimiento de toma de muestras (pp. 23-26). Generalitat Valenciana. Conselleria d´ Agricultura, Pesca I Alimentaciòn.

Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Martín, A. (2008). Agricultura urbana e inclusión social. Revista *Agricultura Urbana*. Agua y agricultura urbana. N.º 20: 17-18.

Maya Ramos, P., Acevedo, G., Garrido, E., Tobón, G. & Rojas, H. (2009). *Conflictos socioambientales y recurso hídrico: una aproximación para su identificación y análisis*. Facultad de Estudios Ambientales. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Melo, G. (2012). Evaluación fitodepurante de un sistema biológico artificial en aguas de riego como alternativa para la sostenibilidad del recurso hídrico. Trabajo de grado. Maestría. Universidad de La Sabana.

Méndez, M., Ramírez, L. & Alzate, A. (2005). La práctica de la agricultura urbana como expresión de emergencia de nuevas ruralidades: reflexiones en torno a la evidencia empírica. *Cuadernos de Desarrollo Rural* (55): 51-70.

Mohiuddin, M., Salama, Y., Schellhorn, H. & Golding, B. (2017). Shotgun metagenomic sequencing reveals freshwater beach sands as reservoir of bacterial pathogens. *Water Research, 115*: 360-369.

Nakayama, T., Tuyet, T., Harada, K., Earisaya, M., Asayama, M., Hinenoya, A., Won Lee, J., Minh Phu, T., Ueda, S., Sumimura, Y., Hirata, K., Thanh, N. & Yamamoto, Y. (2017). Water metagenomic analysis reveals low bacterial diversity and the presence of antimicrobial residues and resistence genes in a river containing wastewater from Backyard aquacultures in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Pollution, 222*: 294-306.

Niemczynowicz, J. (1999). Urban hydrology and water management – present and future challenges. *Urban Water*, 1: 1-14.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Alimentos para las ciudades. Recuperado de: http://www.fao.org/urban-agriculture/es/

Peñuela, M. (2010). Estrategias para la permanencia de los pobladores en las veredas del Verjón. ¿Una forma 'espontánea' de ordenar el territorio? *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, vol. 3, N.º 5: 106-119.

Prieto, C. (2002). *El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Ramírez, B. (2003). La vieja agricultura y la nueva ruralidad: enfoques y categorías desde el urbanismo y la sociología rural. *Sociológica*, año 18, N.º 51: pp. 49-71.

Rathore, V., Nathawat, N., Bhardwaj, S., Sasidharan, R., Yadav, B. & Kumar, M. *et al*. (2017). Yield, water and nitrogen use efficiencies of sprinkler irrigated wheat grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. *Agricultural Water Management*, 187: 232-245. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.031

Reutilización de aguas residuales. Recuperado de: http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH28.pdf

Rheiner, G. (2000). *Aquatic Microbiology*. Prentice Hall.

Sánchez, F. (2008). *Evaluación económica ambiental de la agricultura orgánica*. Bogotá, Colombia: Universidad La Gran Colombia.

Schjetnam, M., Peniche, M. & Calvillo, J. (2014). *Principios de diseño urbano/ambiental* (2.ª ed.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Limusa.

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua, evolución y diagnóstico*, Medellín, Colombia: Ediciones de la U.

Staley, C., Gould, T. J., Wang, P., Phillips, J., Cotner, J. & Sadowsky, M. (2015). Evaluation of water sampling methodologies for amplicon-based characterization of bacterial community structure. *Journal of Microbiological Methods,* 114: 43-50.

Unesco (2009). The United Nations World Water Development Report 3: water in a changing world.

Wang, J., Huang, Q., Huang, J. & Rozelle, S. (2016). Irrigation Water-Pricing Policy. *Managing Water on China's Farms* (pp. 217-235). Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-805164-1.00012-9

CAPÍTULO 4.

AISLAMIENTOS DE ESTREPTOCOCOS Y CÁNDIDA DE CAVIDAD BUCAL EN NIÑOS

Silvia Eugenia Campuzano Fernández
Yolanda Sánchez

Introducción

En la actualidad el estudio de las caries implica la ampliación del conocimiento, que hace unos pocos años no se tenía; es así que ahora se considera que durante el desarrollo etiopatogénico de la caries intervienen otros elementos relativos al hospedero, como son los factores socioeconómicos y socioculturales que, además de influir bastante en los hábitos dietéticos y de higiene oral, son también influyentes porque modulan la respuesta inmunitaria de la cavidad bucal a través de la saliva y del exudado gingival.

Se ha reconocido ampliamente que la caries es una enfermedad infecciosa de distribución universal, de naturaleza multifactorial y de carácter crónico que requiere de intervención inmediata, porque si no se controla se distribuye y ataca toda la dentadura y se generan lesiones irreversibles; por consiguiente, es importante que se implemente un sistema de control y prevención de estas con el objetivo de disminuir el riesgo cariogénico del paciente.

El presente estudio se centra en reconocer cuáles son los principales factores de riesgo que inducen a la aparición de caries en niños y adolescentes, con el fin de proponer medidas de prevención y aplicación mediante programas educativos que favorezcan la erradicación de esta patología. Para este propósito se requiere hacer el análisis microbiológico de la placa dental y la saliva, para determinar el o los agentes causales y relacionarlos con las diferentes condiciones que se ha determinado influyen en la aparición de caries.

Es necesario plantear medidas de prevención frente a esta infección, porque es algo que atañe a gran parte de la población –sin distingo de estrato, raza ni edad–, teniendo en cuenta que en niños y adolescentes es más gravosa, ya que estos, al estar en los primeros años de vida, podrían perder alguna pieza dental. Es esta la razón que soporta hacer una evaluación de los principales factores de riesgo asociados a la aparición de caries, para poderla presentar a la población con el fin de tratar de controlar esta patología que, descuidada, produce daños irreparables como la pérdida de dientes (Regezi, 2000).

Desde el punto de vista social, si una persona tiene daños en su dentadura esta no es bien aceptada, además que por tratarse de un estado infeccioso es de alto riesgo para los demás. Por eso la caries está considerada como una afectación de la salud, y por consiguiente se trata desde los postulados de prevención y control de la salud pública relacionada con la Odontología, que propende por el mantenimiento de la salud bucal como parte fundamental de la calidad de vida de cualquier individuo (Arendorf, 1980).

En el caso de la cándida, esta levadura se considera dentro de la gama de microorganismos que se pueden convertir en patógenos en individuos que presenten alguna deficiencia inmunitaria. Estas

condiciones de base ponen a los pacientes en riesgo de que la microbiota comensal pase a ser patógena, como es el caso del hongo cándida, lo cual se traduce en un deterioro de la calidad de vida del paciente por el riesgo de desarrollar infecciones diseminadas y difíciles de diagnosticar, y con el agravante de generar resistencia a los antimicóticos usualmente empleados.

Se hace evidente la necesidad de ampliar el conocimiento acerca del comportamiento de las especies de cándida que puedan estar presentes como parte de la microbiota en individuos sanos, para determinar las condiciones que generan cambios en su comportamiento y que las conduce a expresar su patogenia (Eguasa, 2001).

Es por esto que se requiere determinar la presencia de microorganismos, bacterias y levaduras en niños e identificar las especies, lo cual aporta para reconocer los factores de riesgo de alguna alteración inmunitaria en el caso de la cándida y el efecto negativo para generación de caries en el caso de los estreptococos.

Marco teórico

Unas de las principales bacterias presentes en cavidad bucal y protagonistas en la patología oral son los estreptococos, muchos de los cuales ocasionan situaciones de alteración, entre las que se cuenta la caries, considerada una enfermedad infecciosa y multifactorial, de estado crónico y con probabilidades de desenlace con daños irreparables, entonces surge la exigencia de plantear medidas de prevención que eviten su propagación; por esta razón, el presente estudio se centra en recuperar e identificar los estreptococos presentes en cavidad bucal e identificar su especie, con el fin de proponer medidas de prevención que ayuden al control de este proceso infeccioso (Camejo, 1999).

La caries dental es, desde hace muchos años, la enfermedad bucal de origen infeccioso que se observa con mayor frecuencia en nuestro país. Se caracteriza por la destrucción localizada de los tejidos duros del diente. Los factores principales que influyen en la prevalencia de caries dental son: presencia de microorganismos cariogénicos en saliva y placa dental, diente susceptible y sustrato adecuado (azúcares y almidón). Existen otros factores que frenan o aumentan la aparición de la caries, entre los que se consideran: flujo, composición y capacidad *buffer* de la saliva, higiene bucodental, dieta rica en carbohidratos y presencia de fluoruros.

La etiopatogenia se asocia con la presencia de ciertos microorganismos. Los que con mayor frecuencia se relacionan con el inicio y desarrollo de la caries son: estreptococos del grupo mutans, *Lactobacillus sp.* y *Actinomyces* sp., estos pueden ser aislados a partir de placa dental supra y subgingival y en saliva. Los microorganismos cariogénicos se caracterizan por su capacidad de transportar hidratos de carbono en competencia con otros microorganismos que pudiesen estar presentes en la placa; de fermentación rápida de este sustrato, conformado por azúcares y almidón, y por su capacidad acidogénica –productos de ácidos– y acidúrica –son capaces de realizar diversas funciones en condiciones de extrema acidez–. El marcado descenso del pH, contribuirá con la desmineralización del diente, lo que favorece la aparición de lesiones cariosas en los tejidos duros: esmalte, dentina y cemento (Moalic, 2001).

Se consideran factores de riesgo en la aparición de las caries, que van desde los relacionados con la dieta y otros que son intrínsecos del huésped, por esto la caries es una patología multifuncional, el principal factor asociado a la presencia de microorganismos, representados principalmente por el *Streptococcus mutans* (Regezi, 2000).

En consecuencia, cuando se desea determinar la probabilidad de caries, lo primero es determinar la presencia de este microorganismo en saliva o en la placa dental del individuo. Se pueden hacer estudios cualitativos para determinar la flora cariogénica presente, lo cual se identifica por medición del pH de placa dental antes y después del enjuague bucal con solución de glucosa o sacarosa al 10%. La diferencia entre las dos lecturas muestra mayor o menor riesgo (Moron, 1998).

También se debe determinar la presencia de *Lactobacillus sp*. que son capaces de disminuir el pH y, por consiguiente, acidifican el medio; de esta forma contribuyen a los procesos de desmineralización del diente, de igual manera se aplican métodos de cultivo para aislar y hacer recuento de esta bacteria, la cual requiere ambiente microaerofílico para su desarrollo.

De igual importancia se considera la necesidad de evaluar la presencia de levaduras del tipo cándida para determinar los factores de riesgo, teniendo en cuenta que esta levadura se ve favorecida por los ambientes ácidos que, como ya se dijo, se generan por la presencia de los estreptococos.

Cándida es el hongo más frecuentemente asociado con infecciones micóticas en la cavidad oral, tanto en niños como en adultos. Sin embargo, se conoce poco acerca del estado de portador de este hongo, y se piensa que está presente en la cavidad oral, por lo que se considera la candidosis como infección endógena (Samaranayake, 1980).

Este hongo se convierte en patógeno en condiciones locales, como el uso de prótesis removible, medicación con inhaladores que contienen corticoesteroides, mala higiene oral y consumo excesivo de carbohidratos; lo mismo en presencia de alteraciones sistémicas que conllevan a deficiencias inmunitarias o que alteran la respuesta inflamatoria, como la diabetes *mellitus*.

El hongo cándida es responsable de infecciones cuya manifestación varía en presentación clínica y factores asociados, teniendo presente que se trata de infecciones oportunistas. Las principales formas de presentación son candidosis pseudomembranosa, candidosis eritematosa crónica, estomatitis subprótesis, queilosis angular, candidosis hiperplásica y formas mucocutáneas.

Los hongos del género *Candida*, principalmente de la especie *albicans*, son reconocidos patógenos oportunistas, que pueden encontrarse en un estado de comensalismo en la cavidad oral de los individuos sanos; se ha asumido que el hecho de ser portador de las levaduras puede constituirse en un factor de riesgo para el desarrollo de la infección.

Estos hongos adquieren la capacidad de generar infecciones luego de cambios fisiológicos o de alteraciones patológicas locales o sistémicas, lo que genera la candidiasis o candidosis, que tiene diversas formas de presentación clínica (Kunh, 2002).

La candidiasis es una enfermedad cosmopolita muy frecuente, y una de las micosis más importantes y de mayor frecuencia en la cavidad bucal; afecta a ambos sexos y a cualquier edad, aunque es más frecuente en los extremos de la vida.

Los hongos del género *Candida* spp. se consideran habitantes habituales de la cavidad oral, tracto gastrointestinal, piel y vagina; por tanto, se asume que son agentes infecciosos endógenos específicos. La mayoría son poco virulentos, y solo producen infección de la mucosa en presencia de un factor predisponente local o sistémico, o ambos, de ahí que sean considerados hongos oportunistas.

Candida spp. crece mejor en superficies húmedas y con temperaturas adecuadas, de ahí que se identifica con frecuencia en vaginitis, dermatitis del pañal y candidiasis pseudomembranosa en recién nacidos.

Algunos estudios han demostrado cómo en ausencia clínica de lesiones de *Candida albicans*, se identifica en saliva o dentro de la cavidad oral de individuos sanos, en variadas proporciones según la edad de los individuos examinados y en determinadas circunstancias (Ramos, 1999, y Arendorf, 1980).

Metodología

El estudio propone realizar un trabajo de tipo descriptivo, transversal, observacional, analítico que permita la determinación de la presencia de la levadura y de los diferentes grupos de estreptococos en la población en estudio.

Se tomarán como pacientes a los niños cuyas edades oscilen entre 4 y 14 años, que asistan a la consulta, cumplan con los criterios de inclusión propuestos y cuyos padres o acudientes firmen el consentimiento informado. Los niños pertenecen al Jardín de la Alegría, entidad sin ánimo de lucro que tiene sus instalaciones en Cazucá, Distrito Capital.

Criterios de inclusión

- Edad entre 4 y 14 años
- Historia médica sin evidencia de enfermedades ni hospitalizaciones recientes
- Consentimiento informado, firmado por los padres o acudientes
- En el examen odontológico se verifica la presencia de una mucosa oral íntegra y húmeda

Criterios de exclusión

- Presencia de lesiones en la mucosa de la cavidad oral
- Diagnóstico de diabetes *mellitus* o cualquier patología inmunitaria.
- Tratamiento inmunosupresor en los tres meses anteriores
- Tratamiento con antibióticos en los tres meses anteriores
- Uso de cualquier tipo de aparatología removible
- Higiene oral con empleo de antisépticos

Nota: el proyecto cuenta con aprobación del Comité de Bioética.

Método

- Elaboración de historia clínica y examen de cavidad bucal
- Toma de muestra mediante frotis de mucosa oral
- Recuperación, aislamiento e identificación del hongo mediante aplicación de métodos microbiológicos estándar
- Clasificación del hongo mediante pruebas enzimáticas y cromogénicas cualitativas para levaduras
- Aplicación de método microbiológico estándar para determinación de *Streptococcus*.

Resultados

Se presentan los avances en el análisis del trabajo, por cuanto no se ha terminado de realizar el muestreo propuesto.

La caries dental es una enfermedad infecciosa y transmisible, que afecta a cerca del 70% de la población mundial (Fichtenbaum, 2000). Independientemente de sexo, raza o edad, es considerada como un problema de salud pública por su alta prevalencia e incidencia. Además de causar perforaciones o pérdida de las piezas dentales, es capaz de ocasionar otro cierto número de patologías de mayor complejidad (Chandra, 2001, y Erna, 2004).

Aunque no existen estudios epidemiológicos relevantes en los últimos años en cuanto a prevalencia de caries dental, mediante estudios nacionales, locales y académicos se ha analizado que la población colombiana presenta altos niveles de caries dental, lo que se convierte en un problema de salud pública sin atención prioritaria (Coogan, 2005) que puede desencadenar situaciones más complejas para la salud. Cuando la caries no es tratada a tiempo, repercute por toda la pieza dental hasta llegar a la pulpa donde causa daños irreversibles para la parte blanda de esta (vasos sanguíneos, nervios y tejido conjuntivo).

Así, se provoca en esta una inflamación o infección que debe ser tratada de inmediato por la técnica de endodoncia, o en su defecto, por la exodoncia (extracción de la pieza dental), lo que no es lo adecuado, ya que al extraerse una pieza dental se pierde el equilibrio en los dientes y se ven afectados otros sistemas.

El tratamiento endodóntico, o también denominado conducto, se realiza con el fin de remover los restos pulpares, desinfectar y obturar con un material inerte; en la actualidad presenta una tasa elevada de éxito debido al avance en técnicas de limpieza y desinfección, así como por el desarrollo de nuevos instrumentos capaces de llevar a cabo el tratamiento. Pero la diversidad de microorganismos presentes en la cavidad oral que tienen la capacidad de afectar de forma negativa los conductos radiculares constituye un serio inconveniente para el clínico, pues provoca el fracaso de un número considerable de tratamientos.

Los dientes con tratamiento endodóntico tienen riesgo de reinfectarse o fracturarse, por lo que siempre será más importante prevenir las caries. Sin embargo, cuando ya se ha llegado a un proceso de conducto, asimismo es de suma importancia crear hábitos saludables con el fin de evitar que los microorganismos interfieran el procedimiento y lo lleven al fracaso.

Las bacterias tienen uno de los papeles más importantes en el fracaso endodóntico, ya que pueden estar presentes en el momento de la obturación o, peor aún, tener otras capacidades para atravesar barreras y colonizar.

Enterococcus faecalis es de los microorganismos que presentan mayor frecuencia en la cavidad oral y causan gran diversidad de infecciones, entre las que se incluyen periodontitis marginal y abscesos periapicales. Además, afectan algunos tratamientos endodónticos, de tal forma que es obli-

gatorio y de suma importancia un efectivo control preventivo de este microorganismo con el fin de obtener un tratamiento de conducto exitoso. *E. faecalis* posee la capacidad de penetrar los túbulos dentinarios; asimismo, se convierte en inaccesible a la acción de compuestos que tienen el poder de disminuir los niveles del microrganismo, o eliminarlo, y por consiguiente su adaptación y formación de biofilms provocarán el fracaso del tratamiento (Coogan, 2005, y Negroni, 2005).

No obstante, se han implementado un gran número de medidas preventivas para disminuir el riesgo de complicaciones de mayor magnitud. En los últimos años los colutorios se usan ampliamente, como medida profiláctica frente a diferentes microorganismos presentes en la cavidad oral, ya que prometen cumplir un papel muy importante en la prevención de infecciones y el mantenimiento de la higiene oral (Starr, 2002, y De Soet, 2000).

Es importante recordar que *E. faeca*lis estaba inserto en el grupo de estreptococos, hasta que hace algún tiempo taxonómicamente se situó en su grupo particular, por esa condición se hace referencia a esta bacteria; pero hoy está bien definida su acción particular en el riesgo que genera en los tratamientos endodónticos que siguen a los procesos de caries mal atendidas.

Desde la perspectiva de las caries, el agente etiológico más significativo está representado por el *Streptococcus mutans,* y es desde esta consideración que surge la necesidad de clarificar las diferentes especies que se encuentren en pacientes asintomáticos.

La etiología de la caries es compleja, se consideran estos factores principales: el diente, la dieta y los gérmenes bacterianos, además del tiempo que, al parecer, son los más importantes. Incluso hoy día tiende a tratarse la caries como enfermedad infectocontagiosa, especialmente al inicio (Moron, 2001).

De acuerdo con las condiciones del diente, hay factores importantes como: de menor resistencia, que facilitan el avance y desarrollo de la caries. Entre estos están las fosas muy profundas en premolares y molares.

Respecto a la dieta, es muy conocida la relación entre la rica en carbohidratos y mayor incidencia de esta condición. Es considerable el daño en los dientes que ha significado el uso de glucosa, que desde hace muchos años el hombre ha consumido en forma masiva. Hoy se recomienda no ingerir más de 10 kilos de azúcar al año.

En cuanto a las bacterias, se piensa que el *Streptococcus mutans* es fundamental y causante, en gran medida, de caries.

Se conocen varias teorías que explican el mecanismo etiológico de la caries; entre las más importantes están: teoría ácido génica; teoría proteolítica y teoría de la proteólisis-quelación.

Susceptibilidad a la caries

Según Slavkin, existen diversos factores en relación con la susceptibilidad a la caries: genético (madre, padre e hijo); genéticos de los microorganismos; transmisión de organismos infecciosos y edad del niño; inmunidad de mucosa y saliva; dieta y nutrición; biofilms y ecología microbiana; susceptibilidad de incisivos y molares; medidas de prevención, y detección temprana de caries.

Saliva y caries

En relación con saliva y protección al diente, hay condiciones a tener en cuenta para el control de las mismas; al respecto existen por lo menos cuatro funciones importantes de la saliva: capacidad buffer; efecto de limpieza; acción antibacteriana, y mantenimiento de saliva supersaturada en fosfato de calcio.

Se ha determinado que la acción del *S. mutan*s se debe, en gran parte, a las enzimas que elabora, siendo las glucosiltransferasas las más importantes y con las cuales pueden sintetizar gran cantidad de polisacáridos extracelulares a partir de sacarosa. Pero no es fácil llegar con anticuerpos hasta las bacterias que están en torno al diente. Los anticuerpos que facilitan la fagocitosis (anticuerpos opsonizantes) y PMNL pueden llegar solo a través de la saliva o el fluido gingival.

En relación con las levaduras presentes en cavidad bucal, especial atención se presta a *C. albicans*, de la cual se conoce que el hombre es el reservorio en el mundo. No hay predilección por sexo o edad, y constituye el 25% de las micosis superficiales. Los hongos, por lo general, no inducen enfermedad, aunque está comprobado que la *C. albicans* y la *Candida tropicalis* son virulentos y pueden provocar enfermedad cuando son inoculados en animales (De Bernardis, 1998).

Por lo general viven en equilibrio con otros microorganismos en el cuerpo, y existen como una colonia o comensal saprofito. Estos microorganismos son comensales normales del ser humano, se encuentran en la piel enferma, a lo largo del tracto gastrointestinal, en la expectoración, en el tracto genital, en la orina y en la cavidad bucal. La *C. albicans* es un saprofito considerado oportunista; en condiciones favorables se convierte en patógeno, dependiendo del terreno en el huésped. En el caso de pacientes adultos, es más frecuente verla en portadores de prótesis mal adaptadas y de higiene precaria, comisuras labiales por pérdida de la dimensión vertical (Sitheeque, 2003).

La cándida crece mejor en superficies húmedas y templadas, por lo que es causa frecuente de vaginitis, dermatitis del pañal y muguet bucal (Sitheeque, 2003).

Las deficiencias nutricionales también intervienen como factores en la génesis de las candidiasis orales; la deficiencia de hierro determina la aparición de anormalidades en el epitelio y altera algunos procesos inmunitarios celulares, la respuesta de anticuerpos y la fagocitosis, la avitaminosis como el déficit de folato (que determina la aparición de cambios degenerativos en la mucosa oral), la hipovitaminosis A y la deficiencia de vitaminas B1, B2, B12 y C favorece la aparición de candidiasis oral, las dietas ricas en hidratos de carbono aportan grandes cantidades de nutrientes para el crecimiento de cándida, lo que favorece la candidiasis (Eguasa, 2001).

La candidiasis se presenta bajo diversas formas clínicas, como digestiva, neumonías, fungemias, endocarditis. Son habitantes habituales en boca, sistema gastrointestinal, piel y vagina, de un 5 a un 50% de las personas (Van, 1996, y Starr, 2002), la cándida puede convertirse en un patógeno capaz de causar una serie de infecciones orales, que incluyen la candidiasis pseudomembranosa, la candidiasis eritematosa, la candidiasis hiperplásica, así como las lesiones asociadas a estomatitis protésicas queilitis angular: glositis rómbica, quelitis exfoliativa y candidiasis mucocutánea. Merece consideración especial la llamada candidiasis invasiva, definida como invasión de varios órganos viscerales por

diseminación hematógena, que no tiene un cuadro clínicamente característico. Cuando la candidiasis prolifera en el intestino, puede cambiar su anatomía y fisiología. Esto quiere decir que puede dejar de ser una levadura y convertirse en un micelio fungal (Moalic, 2001).

Las levaduras, o blastosporas, son microorganismos eucarióticos, los cuales se reproducen asexualmente por un proceso específico de división celular conocido como gemación. Este proceso de división implica la producción de nuevo material celular proveniente de la superficie de la blastospora. Esta crece de forma continua por extensión apical, lo que puede causar una excesiva permeabilidad de la mucosa intestinal, y permitir la introducción a la sangre de sustancias (toxinas, proteínas mal digeridas, etc.) que pueden actuar como antígenos y alteran de forma severa el sistema inmunitario; lo más característico es la aparición de placas blanquecinas, de aspecto cremoso y fácilmente desprendibles en mucosa oral. Por otro lado, una excesiva permeabilidad intestinal puede, a su vez, deteriorar los receptores nutricionales celulares, favorecer la malabsorción y dar como resultado una desnutrición (Ramos, 1999, y Fichtenbaum, 2000).

Se sabe que las cándidas en su estado fungal pueden generar 79 productos tóxicos, por ejemplo, etanol, formaldehído, etc., pero entre estos el más abundante es el acetaldehído.

Riesgo de caries

Riesgo se define como la probabilidad de que algún evento dañino ocurra.

Concepto de riesgo

Hasta hace muy poco el diagnóstico de la actividad de la caries se basaba exclusivamente en el conocimiento del número total de dientes o superficies que se encontraban con lesiones de caries (prevalencia), o en el número de nuevas lesiones ocurridas en un plazo determinado de tiempo (incidencia). Estos exámenes poseen la desventaja de que no son capaces de proveer o indicar la actividad de caries de las distintas personas en el momento del examen, ya que tanto la prevalencia como la incidencia miden de forma precaria las señales clínicas de la enfermedad y no los factores que las producen o que modulan su actividad.

Si se considera el carácter dinámico del proceso cariogénico, se entiende que estos datos son de índole únicamente retrospectiva, ya que es posible que exista una alta actividad de caries en ausencia de manifestaciones clínicas de la enfermedad. Como la visualización de la caries cavitada es muy posterior al inicio de la misma, la actividad de la caries debe ser considerada alta cuando existan muchos factores cariogénicos y condiciones críticas presentes en el individuo.

El conocimiento precoz de estos distintos factores impide que se produzca la aparición de nuevas lesiones o cavitaciones por medio de la aprehensión. Todo esto en conjunto permitirá al clínico no solo calcular la presencia, sino también la gravedad de la enfermedad por medio de la recopilación de datos sobre los multifactores que puedan influir en el desarrollo o progreso de nuevas lesiones cariogénicas.

Es así que esta actual visión del diagnóstico de la enfermedad de caries se preocupará por establecer el pronóstico de la aparición de nuevas lesiones; es decir, el riesgo individual de cada paciente de

desarrollar la enfermedad. En la clínica, el concepto de riesgo hará necesaria una forma de evaluación más completa, incluida información sobre la cantidad de placa bacteriana, dieta cariogénica, condición del flujo de saliva y demás moduladores de la actividad de caries.

Es de gran importancia rescatar que los tratamientos restauradores aplicados a las lesiones de caries no son destinados a mejorar la salud bucal de las personas, sino que solo le evitan y reparan el daño ya producido por la enfermedad en su fase terminal e irreversible.

Con la identificación de los distintos niveles de riesgo se logra una mejor distribución de los recursos y esfuerzos de una forma más direccionada, en vez de hacerlo indiscriminadamente, como se sigue haciendo hoy.

¿Cómo seleccionar grupos de riesgo o riesgos individuales?

Varios intentos se han realizado, pero hasta el momento el método "perfecto" no se ha desarrollado. Esto se explica al considerar la etiología multifactorial de la caries y, por otro lado, existen factores y características que con frecuencia acompañan el desarrollo y aumento del número de caries. A continuación, se nombran algunos de estos factores. Es importante diferenciar entre los directamente relacionados con eventos bioquímicos determinantes en el desarrollo de lesión de caries y factores o circunstancias relacionadas indirectamente con dicha lesión.

La determinación de la presencia de bacterias y hongos presentes en cavidad bucal de individuos en apariencia sanos, es indicador de las condiciones de riesgo de la población frente a posible proceso patológico de caries o de infecciones oportunistas con levaduras, que tanto unas como otras van a alterar la calidad de vida de los individuos.

Esta revisión de la presencia de la flora en cavidad bucal es una alerta frente al planteamiento de medidas de prevención para fortalecer la salud oral de las poblaciones.

Conclusiones

Es importante tener en cuenta que las membranas de las mucosas bucal, vaginal e intestinal normales, son capaces de soportar en forma comparativa grandes poblaciones de *Candida* sin que sufran ningún efecto aparente de enfermedad. Además, la frecuencia de estos microorganismos parece que aumenta con la edad. Sin embargo, cuando existe debilidad, desnutrición, alteración o ausencia de mecanismos de defensa normales se pueden causar infecciones características que podrían ser bastante serias, e incluso poner en peligro la vida del paciente.

Es conveniente destacar que la membrana mucosa bucal normal es capaz de soportar, en forma comparativa, grandes poblaciones de *Candida* sin que sufran ningún efecto aparente de enfermedad.

Es importante tener en cuenta la toma de la muestra y su procesamiento, ya que esto influye en los resultados obtenidos; también el tiempo de incubación y métodos de identificación más sensibles para cándida, ya que, como se conoce, pueden presentarse diferentes especies de cándida en la cavidad bucal, y es importante su identificación para el diagnóstico y prevención.

Respecto a la determinación de *Streptococcus* también es reconocido que existen varias especies que actúan en cavidad bucal, algunas inocuas y otras que representan factor de riesgo para el desarrollo de caries.

Los estudios de determinación de flora participante en cavidad bucal son pieza importante para el desarrollo de campañas de prevención de salud oral, especialmente en niños.

Referencias bibliográficas

Arendorf, T. M. & Walter, D. M. (1980). The prevalence and intra-oral distribution of *Candida albicans* in man. *Arch. Oral Biol., 25*: 1-10.

Camejo, M. (1999). Sensibilidad *in vitro* de *Streptococcus mutans* a Sanguinaria, compuesto fenólico y clorhexidina. *Acta Odontológica Venezolana*, vol. 37, N.° 2.

Chandra, J., Kahu, P. *et al.* (2001). Biofilm formation in the fungal pathogen *C. albicans*: development, architecture, and drug resistance. *J. Bacteriol., 183*: 5385-5394.

Coogan, M. M., Greenspan, J. & Challacombe, S. J. (2005). Oral lesions in infection with human immunodeficiency virus. *Bulletin of the World Health Organization, 83*: 700-706.

De Bernardis, F., Mühlschlegel, F. A., Cassone, A. & Fonzi, W. A. (1998). The pH of the Host Niche Controls Gene Expression in and Virulence of *Candida albicans*. *Infect. Immun., 66*: 3317-3325.

De Soet, J. y col. (2000). Strin related acid production by oral streptococci. *Caries Research,* N.° 34.

Eguasa, N. y col. (2001). Alteration of the coadherence of *Candida albicans* with oral bacteria by dietary sugars. *Oral Microbiology and Inmunology*, vol. 16.

Erna, M., Kopic, Kojic & Rabih, O. (2004). *Candida* Infections of Medical Devices. *Clinical Microbiological Review*, pp. 255-267.

Fichtenbaum, C. J. y col. (2000). Refractory mucosal candidiasis in advanced human immunodeficiency virus infection. *Clin Infect Dis, 30* (5): 749-56.

Kunh, D. & Chandra, P. (2002). Comparison of biofilms formed by *C. albicans* and *C. parapiloth* on bioprosthetic surfaces. *Infect Immun*, *70*: 878-888.

Moalic, E. y col. (2001). The Extent of Oral Fungal Flora in 353 Students and Posible Relationships with Dental Caries. *Caries Research*, vol 35. www.db.od.mahSe/car/data/bufferst.html

Moron, A. y col. (1998). Prevalencia de caries dental en escolares del municipio de Maracaibo. *Acta Odontológica Venezolana*, vol. 36, N.° 3.

Negroni, M. (2005). *Microbiología estomatológica. Fundamentos y práctica*. Editorial Panamericana.

Ramos-Gómez, F. J., Flaitz, C., Catapano, P. *et al.* (1999). Classification, diagnostic criteria, and treatment recommendations for orofacial manifestations in HIV-infected paediatric patients. *J Clin Pediatr Dent, 23* (2): 85-96.

Regezi, J. A. & Sciubba, J. J. (2000). *Patología bucal. Correlaciones clinicopatológicas* (3.ª ed.) (pp. 110-117). McGraw-Hill Interamericana.

Samaranayake, L. P. & MacFarlane, T. W. (1980). An *in vitro* study of the adherence of *Candida albicans* to acrylic surfaces. *Arch. Oral Biol*., *25*: 603-609.

Starr, J. R., White, T. C., Leroux, B. G. & Luis, H. S. (2002). Persistence of oral *Candida albicans* carriage in healthy Portuguese schoolchildren followed for 3 years. *Oral Microbiol. Immunol*., *17*: 307-310.

Sitheeque, M. A. M., Samaranayake, L. P. (2003). Chronic hyperplastic candidosis/candidiasis (candidal leukoplakia). *Crit Rev Oral Biol Med, 14* (4): 253-267.

Van Houte y col. (1996). The final pH of bacteria comprising the predominant flora on sound and caries human root and enamel surfaces.

CAPÍTULO 5.

BASE MULTIMEDIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE LOS ELEMENTOS PATRIMONIALES EN LOS SEIS NÚCLEOS FUNDACIONALES DE BOGOTÁ

Martha Cecilia Torres López
Claudia Marleny Rodríguez Colmenares

Introducción

Según la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), en su informe del Área de Cultura en Colombia afirma: "con la promulgación de la Constitución Política de 1991 y de la Ley General de Cultura, el Estado generó un nuevo marco general de actuación, al reconocer el carácter multiétnico y pluricultural de la Nación. Esta valoración hizo que el texto constitucional fuera explícito en la mención del patrimonio como un bien constitutivo de la identidad nacional, y de lo cultural como factor determinante 'para la construcción de un país', sin violencia ni discriminación, integrado y tolerante" (2002).

A partir de estos eventos, cada día existe un mayor conocimiento en la ciudadanía de las manifestaciones culturales propias de nuestras raíces, así como conciencia frente a la valoración del patrimonio cultural. Sin embargo, hay aún muchas representaciones que no son conocidas ni valoradas como patrimoniales por los mismos habitantes de los sectores declarados. Bogotá está constituida, desde 1954 por decreto del entonces presidente Gustavo Rojas Pinilla, en un Distrito conformado por la anexión de los seis municipios aledaños: Usaquén, Usme, Bosa, Engativá, Fontibón y Suba, centros urbanos patrimoniales de muy poco reconocimiento como parte de la tradición histórica de la ciudad, y cuyo potencial para un desarrollo territorial sostenible, inteligentemente conectado y de conocimiento, no se ha aprovechado para el beneficio ciudadano.

La situación periférica en la que se emplazan estos seis núcleos fundacionales, conllevó a su olvido generacional como "centros urbanos", a su segregación y diferenciación de funciones, y se visualiza ahora en estos un abandono de su memoria patrimonial y cultural que produce su paulatina disgregación. Los núcleos fundacionales tienen desconectadas sus relaciones sociales, territoriales y patrimoniales, así como el conocimiento de su historia por parte de las comunidades que en estos núcleos fundacionales viven.

La Contraloría de Bogotá, en su "Informe final de auditoría gubernamental con enfoque integral modalidad especial transversal" (2011) concluye que "las Alcaldías Locales no llevan una base de datos de los antecedentes de los Bienes de Interés Cultural, con el propósito de conocer a una fecha determinada la totalidad de bienes de interés cultural y realizar el respectivo seguimiento y control". Asimismo, anota que la información sobre los Bienes de Interés Cultural se encuentra desactualizada, y no se reporta a la Secretaría Distrital de Planeación de manera oportuna. En este sentido se ha visto en los siguientes años, que se ha realizado un esfuerzo por configurar bases de datos de mayor relevancia, que sin embargo no son susceptibles de su manejo por parte de la ciudadanía para su control, apropiación y valoración continua, convirtiéndose en instrumentos poco útiles para la gestión urbana.

Las características del desarrollo urbano de los seis núcleos fundacionales, hacen suponer la importancia de su conocimiento y divulgación en la comunidad residente, como principal actor dentro de cualquier proceso de apropiación y desarrollo desde los valores culturales y patrimoniales. Para dar inicio a una estrategia de gestión que permita su conexión y aprovechamiento, se hace necesario aclarar sus condiciones patrimoniales frente a los paradigmas actuales de desarrollo: el conocimiento y la sostenibilidad. Entender el funcionamiento de los elementos que configuran el patrimonio es el primer paso para dirigir la mirada ciudadana hacia estos territorios y aspirar a su apropiación y valoración. Conforme a sus condiciones territoriales, el acopio documental, fotográfico, de video o de audio, se propone soportarla en la gestión y creación de un repositorio digital documental (Cano Olivera, Espitia Zambrano, Jayanes Aguilar & Pérez Castillo, 2009) que sea consecuente con lo definido por Boisier (1993) en la expresión de voluntades de la población dirigidas a posicionarse en el mercado global. Para ello se demanda identificar, consolidar y organizar la información existente, así como determinar aquella requerida, con el fin de consolidar indizaciones adecuadas a las expectativas de la población en los núcleos fundacionales.

Desde esta perspectiva de digitalización y de compartir de forma global la identificación de los elementos arquitectónicos, urbanos y las relaciones sociales que tienen los habitantes con los espacios públicos de cada uno de los núcleos fundacionales, se desarrolla la base fundamental de un reconocimiento valorativo patrimonial que potencie la competitividad, la vocación productiva y la integración dentro de modelos de ciudad con base tecnológica, como las ciudades inteligentes o de base humana, como las ciudades sensibles.

En este sentido, la investigación aquí presentada plantea como objetivo general: "Unificar los datos documentales, fotográficos, cartográficos, espaciales, de video y de audio correspondientes al patrimonio cultural de los seis núcleos fundacionales del Distrito Capital, como base multimedial para el reconocimiento de los elementos culturales, patrimoniales y artísticos en estos sectores urbanos".

Metodología

Con un enfoque epistemológico empírico-analítico, se aborda el problema con una visión disciplinar proyectual, con el fin de identificar, a partir del planteamiento de los objetivos específicos como la descomposición del problema en sus elementos configurantes, las diferentes actividades que se deben desarrollar vinculadas a productos de solución a la problemática planteada.

La metodología está referida al momento del proyectar, o del proyecto. Es un procedimiento que no fija etapas sucesivas de cumplimiento obligatorio, pero sí temas o problemas que deben ser abordados y que son establecidos por las variables e indicadores. Es parte de la responsabilidad del investigador tomar decisiones sobre aspectos como la innovación, la renovación o la reiteración.

El objetivo de la investigación proyectual es la producción de conocimientos disciplinares, donde la innovación, basada en las nuevas formas de vida y habitar, desempeña un papel fundante. En este sentido, el proyecto presentado indica como resultado un repositorio digital organizado a modo de base de datos, que permite vincular de manera directa elementos gráficos, textuales, de audio y de video, con enlaces web y multidireccionales, para el entendimiento de los componentes patrimoniales en los sectores en estudio.

Patrimonio urbano en Bogotá vía a su apropiación y conservación

A partir de la segunda mitad del siglo XX, la ciudad de Bogotá vio oportunidades de desarrollo variadas con base en teorías urbanas provenientes, entre otros, de los CIAM (Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna). Sin embargo, y a pesar de que las administraciones municipales hicieron intentos por desarrollar planes para el futuro de la ciudad, entre los que se cuentan con especial interés los planes de Karl Brunner entre los años 1934 y 1942, el Plan Piloto presentado por Le Corbusier en 1950, y el Plan Regulador elaborado por Wiener y Sert en 1953 (Beuf, 2012), es con la instauración de la dictadura del general Rojas Pinilla que comienza el crecimiento real de la ciudad cuando, sin una planificación concreta y a través de decreto presidencial, se anexan a la ciudad los municipios aledaños de Usme, Bosa, Fontibón, Engativá, Suba y Usaquén, y se configura, desde entonces, el llamado Distrito Especial (Decreto 3640, 1954).

Los municipios anexados contaban en ese entonces con centros consolidados de fundación hispánica, que se desarrollaron a partir de encomiendas en los lugares de los antiguos cercados muiscas, por lo que poseen una fuerte raíz de los antepasados indígenas. Su estructura urbana en damero, en cumplimiento de las leyes de Indias, se desarrolla alrededor de una plaza principal, frente a la cual se ubican las edificaciones del poder civil, religioso y militar. Estos municipios vieron, desde la anexión, un continuo olvido de sus raíces, frente a la preocupación de la urbanización y de figurar modelos de desarrollo que permitieran disponer una zona urbana consolidada que los contuviera. De esta manera el modelo urbano se volcó hacia la policentralidad, pues algunos de estos núcleos urbanos continuaron con este papel al concentrar en estos las "ciudades dentro de la ciudad", modelo urbano implementado en Bogotá a través del Plan de Estructura para Bogotá, conocido como Fase II y realizado, en nombre del Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD), por una firma estadounidense (Llewelyn-Davies, Weeks, Forestier-Walker & Bar, 1974; Beuf, 2012). Otros de estos centros fueron paulatinamente olvidados y relegados a papeles de centro local, con muy poca relevancia en el ámbito metropolitano.

La situación actual de estos sectores fundacionales demerita su declaratoria como patrimonio distrital, conferida a través del Decreto 606 del año 2001, "Por medio del cual se adopta el inventario de algunos Bienes de Interés Cultural". Dicho documento declara a los núcleos fundacionales de Usme, Usaquén, Bosa, Suba, Engativá y Fontibón como "Sectores Urbanos de Interés Cultural" y vincula a estos algunos inmuebles específicos, clasificados de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución de los inmuebles patrimoniales en los centros fundacionales.

Núcleo	Inmuebles total	Inmuebles por categoría				
		Comercio	Institucional	Habitacional	Educativo	Religioso
Bosa	16	1	2	8	4	1
Engativá	4	0	1	2	0	1
Fontibón	19	5	1	12	0	1
Suba	17	5	1	9	1	1
Usaquén	21	8	1	8	4	1
Usme	13	1	1	10	0	1
Total	**90**	**20**	**7**	**49**	**9**	**6**

Fuente: autoras.

Del total de inmuebles identificados en el decreto, se encontró que dos (uno en Fontibón y otro en Engativá) fueron excluidos en principio de la lista de bienes de interés cultural por haberse identificado el predio como duplicado.

Asimismo, es importante señalar que no todos los inmuebles declarados como parte del núcleo fundacional se encuentran dentro de la zona delimitada por el decreto, y la última actualización de la información se encontró levantada por contrato suscrito por el IDPC en mayo del 2003 (Instituto Distrital de Patrimonio Cultural, 2003).

Imagen 1. Núcleo fundacional de Usme y localización de los bienes inmuebles de interés cultural. Elaborado por las autoras en Google MyMaps.

Al realizar las visitas a los núcleos fundacionales, se descubrió que algunos inmuebles se encuentran con mayores modificaciones a las registradas, incluso varios han sido demolidos.

Base multimedial de los elementos patrimoniales en los seis núcleos fundacionales

Las bases de datos permiten el almacenamiento y manejo de grandes cantidades de información. Estas conceden la administración eficiente de los datos mediante el uso de tablas que los contienen de manera ordenada y sistemática, y que genera registros, los cuales pueden ser consultados mediante el uso de índices y según el criterio dado por el usuario (Chávez Sandoval y Solórzano Rivera, 2007).

Como solución al manejo de grandes cantidades de documentación en la década de los años sesenta, se dio inicio a los Sistemas de Gestión de Bases de Datos, cuando surgió el proyecto de "enviar al primer hombre a la Luna, denominado 'Apolo' ". Una empresa estadounidense (NAA) desarrolló un *software* denominado GUAM (*General Update Access Method*), que administra la información en porciones pequeñas, para luego unirla y de esta manera tener toda la información disponible en el momento deseado". (Chávez y Solórzano, 2007). Este *software* fue mejorando su capacidad de almacenamiento con el apoyo de la empresa IBM, hasta llegar a lo que hoy se conoce como Sistema de Administración de Bases de Datos Relacionales (RDBMS).

Es así como una base de datos permite almacenar información de un mismo grupo de forma organizada, y administrarla mediante el enlace entre categorías a través de una tabla relacional, lo que genera diferentes consultas. Una tabla relacional está conformada por entidades y estas, a su vez, por campos que permiten la relación entre otras tablas; las bases de datos relacionales, o modelo E/R, permiten crear tablas o hacer consultas a partir de las ya existentes, y de esta forma elaborar procesos de actualización, eliminación y otros. Mediante el uso de modelos se optimiza el diseño de la base de datos, más aún cuando se hace una representación gráfica a través del modelo Entidad/Relación (Rob y Coronel, 2004).

En consecuencia, las bases de datos brindan un gran apoyo en la construcción digital del patrimonio cultural, ya que dentro de las características de una base de datos se cuentan "el acceso concurrente por parte de múltiples usuarios y seguridad de acceso y auditoría", entre otros. Además, el automatismo y representación mediante la interfaz gráfica facilita su uso y comprensión.

Partiendo de estas premisas teóricas, el proyecto aquí presentado se desarrolló con el modelo Entidad-Relación, mediante el uso de un programa informático que permita la gestión de una base de datos y a través de sus herramientas, como tablas (almacena los datos en forma estructurada), consultas (permite extraer o actualizar información desde las tablas a través de filtros o condiciones), formularios (vinculados a las tablas, permiten trabajar con la información) e informes (usados para la presentación de resultados) permite interactuar con la información recopilada y almacenada en un aplicativo de usuario final, con el propósito de ofrecer a la comunidad información sobre los seis Núcleos Fundacionales de Bogotá (Bosa, Usme, Fontibón, Suba, Engativá y Usaquén).

De esta manera, a partir de la información emanada del Decreto 606 de 2011, se gestiona con el Instituto Distrital de Patrimonio Cultural (IDPC) la información consolidada de la declaratoria, la cual desarrolla el IDPC a través del contrato de consultoría N.° 064 del 2003. Esta información, que inicialmente estaba almacenada en archivo plano, se carga como base de datos en una hoja de Excel, que posteriormente se extrae a una base de datos relacional (Access) y se crean tablas a las que se les asigna un nombre de campo[1] de acuerdo con la información contenida. Se otorgan propiedades[2] de tipo de datos, tamaño, formato, validación, entre otros, a cada uno de los campos de cada tabla y se transportan los datos para así formar las diferentes tablas que dan la estructura a una base de datos.

1 Un campo es la unidad básica de entrada de datos de un registro.
2 Las propiedades son características que identifican a cada campo.

Tabla 2. Tablas creadas y sus campos.

NOMBRE DE LA TABLA	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATOS
T_Caract_importa	Localidad	Texto corto
	Característica	Texto corto
	Descripción	Texto largo
T_Característica	Código_característica	Texto corto
	Nombre_característica	Texto corto
	Tipo_característica	Texto corto
T_Categoría	Código	Texto corto
	Descripción	Texto corto
T_Clasificación Arquitectónica	Codificación	Texto corto
	Descripción	Texto corto
T_Clasificación Popular	Código	Texto corto
	Descripción	Texto corto
T_Criterio_Califica	Código	Texto corto
	Criterio de calificación	Texto corto
T_Fotos	Num._foto	Número
	Nombre_archivo_foto	Hipervínculo
T_Fuentes	Nit	Número
	Nombre_fuente	Texto corto
	Contrato	Texto corto
T_Listas	N.°	Número
	Acto ADM	Texto corto
	FIII	Texto corto
	Arquitectónica	Texto corto
	Popular	Texto corto
	Localidad	Texto corto
	N.° UPZ	Número
	Nombre UPZ	Texto corto
	Código barrio	Número
	Nombre barrio	Texto corto
	Modal	Texto corto
	MZN	Número
	Lote	Texto corto
	Chip	Texto corto
	Uso	Texto corto
	Propietario	Texto corto
	Cricalifiación	Texto corto
	N.° pisos	Número
	Dirección	Texto corto
	Otra dirección	Texto corto
	Categoría	Texto corto

NOMBRE DE LA TABLA	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATOS
T_Listas	Observaciones	Texto corto
	Cod. fotografía	Texto corto
	Dirección según el libro	Texto corto
	Coordenadas	Texto corto
T_Núcleo_Fundac	**Código_Núcleo_Fundac**	**Texto corto**
	Nombre_Núcleo_Fundac	**Texto corto**
	Número_UPZ	**Número**
	Nombre_UPZ	**Texto corto**
	Código barrio	**Número**
	Nombre barrio	**Texto corto**
	Panorámica	**Hipervínculo**
	Fotografías	**Hipervínculo**
T_Núcleo_Fundac_Act	**Codifica_Núcleo_Fundac**	**Texto corto**
	Núcleo_Fundac	**Texto corto**
	Consecutivo	**Número**
	Fuente_Núcleo_Fundac	**Texto corto**
	Fecha_Núcleo_Fundac	**Fecha/Hora**
	Característica	**Texto corto**
	Descripción_Característica	**Texto largo**
T_Patr_Arq_Act	**Código actualización**	**Texto corto**
	FIII	**Texto corto**
	Actualización	**Número**
	Acto administrativo	**Texto corto**
	Nombre	**Texto corto**
	ClasifArq	**Texto corto**
	ClasifPop	**Texto corto**
	Categoría	**Texto corto**
	Manzana	**Número**
	Lote	**Texto corto**
	Cip	**Texto corto**
	Uso	**Texto corto**
	Propietario	**Texto corto**
	Pisos	**Número**
	Dirección	**Texto corto**
	Coordenadas	**Hipervínculo**
	Fecha_Patr_Arq	**Fecha/Hora**
	Fuente_Patr_Arq	**Texto corto**
	Observaciones	**Texto largo**
	Fotografía	**Texto corto**

NOMBRE DE LA TABLA	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATOS
T_Patr_Arq_Crit_Califica	Codifica_Criterio_Calif	Texto corto
	Patr_Arq_Act	Texto corto
	Criterio_Calif	Texto corto
T_Patrimonio_Arq	FIII	Texto corto
	Núcleo_Fundac	Texto corto
	Descripción_Patr_Arq	Texto corto
T_UPZ	Código_UPZ	Número
	Nombre_UPZ	Texto corto
T_Usos_Patr_Arq	Cod._Uso	Texto corto
	Uso	Texto corto

Con el fin de optimizar la información, se combinaron datos de tablas mediante una consulta:

Tabla 3. Consulta.

NOMBRE CONSULTA	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATOS
C_Clasificación arquitectónica	Cod_Uso	Texto corto
	Uso	Texto corto

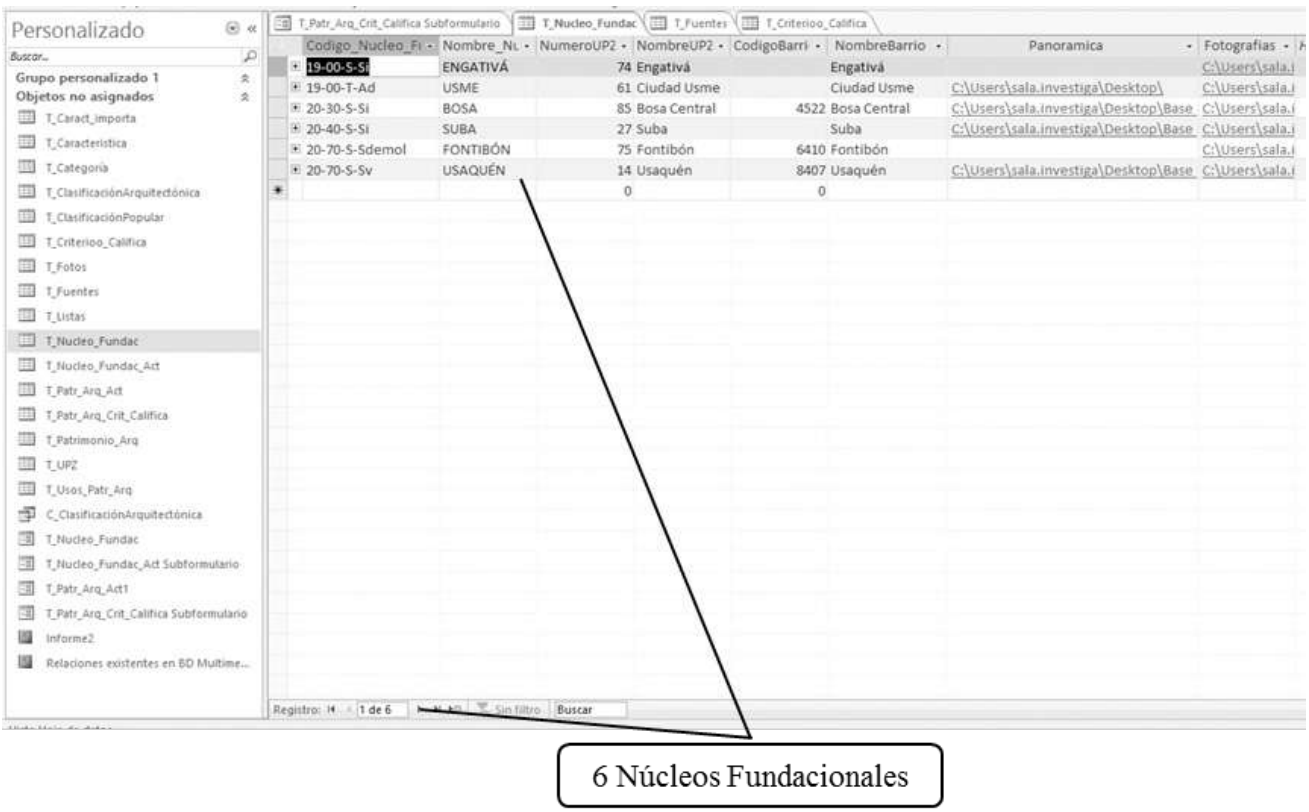


Imagen 2. Tabla n*úcleos* fundacionales en vista hoja de datos: T_Núcleo_Fundac

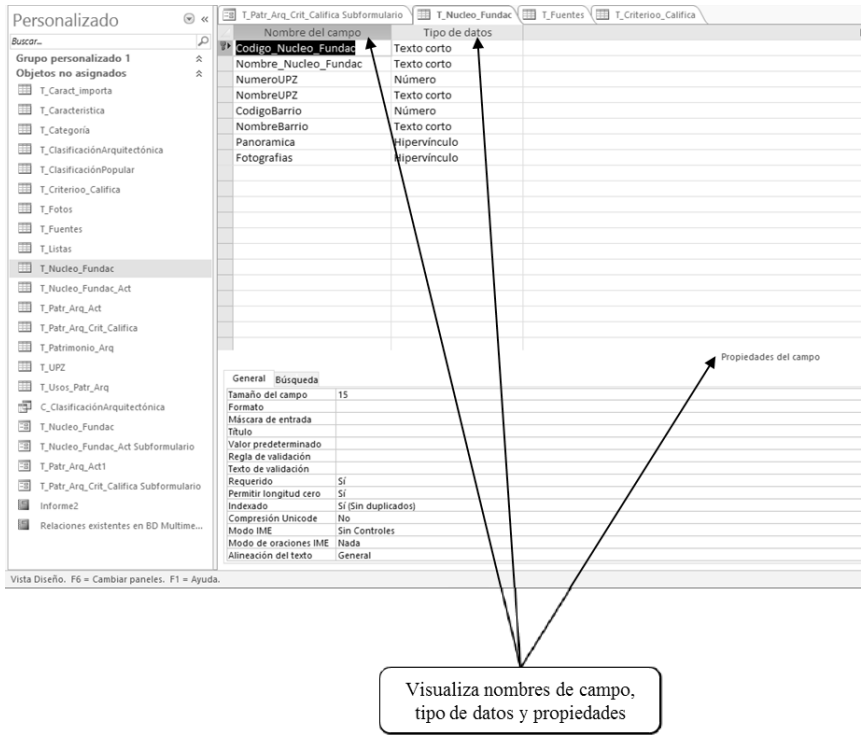


Imagen 3. Tabla n*úcleos* fundacionales en vista diseño: T_Núcleo_Fundac

Se revisa cada uno de los campos con el fin de mantener compatibilidad de tipo de datos con campos relacionados en otras tablas y se asigna el campo llave, o clave primaria[3] o foránea[4], que se usará para crear las relaciones entre estos.

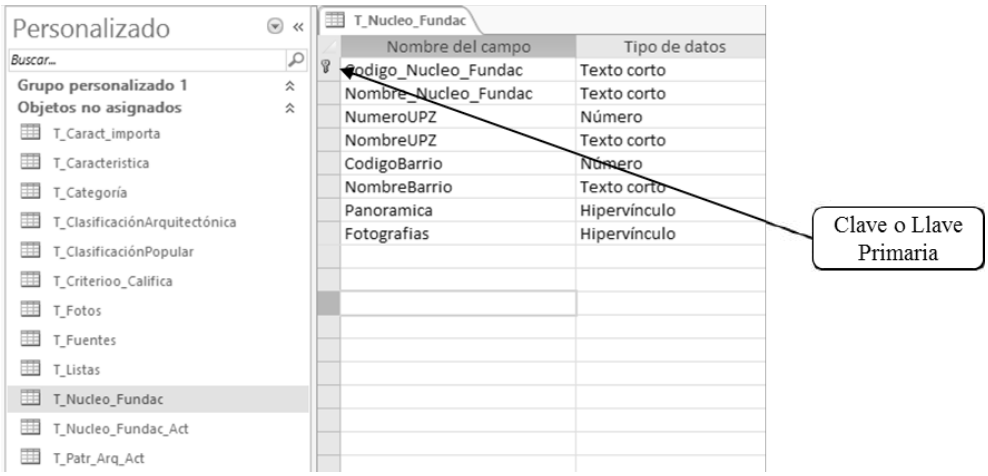


Imagen 4. Tabla n*úcleos* fundacionales en vista diseño: vista de clave primaria.

3 La clave o llave primaria es un campo, o grupo de campos, que identifica en forma única un registro. Ningún otro registro puede tener la misma llave primaria. La llave primaria se utiliza para distinguir un registro con el fin de que se pueda tener acceso a estos, organizarlos y manipularlos.

4 Una clave o llave foránea (o *Foreing key*, FK) es una limitación referencial entre dos tablas. La clave foránea identifica una columna o grupo de columnas en una tabla (tabla hija o referendo) que se refiere a una columna o grupo de columnas en otra tabla (tabla padre o referenciada).

Después de la creación de las tablas, y dado que se trabaja con una base de datos relacional[5], se inicia el proceso de relación[6] entre las mismas a través de los campos y se hacen las ajustes de propiedad a los campos que no permitan generar una relación por no ser compatibles; además, con el fin de evitar redundancia en los datos y permitir la actualización de estos, se realiza el proceso de normalización[7], el cual permite eliminar las redundancias y depurar el proceso de relaciones entre campos. Se identifica también el tipo de relación (uno a uno, uno a muchos, muchos a muchos) existente entre cada campo, con base en el número de repeticiones –una o muchas– que puede tener un campo en su tabla, como se puede visualizar en la imagen 4. Para la relación de los campos, se tuvo en cuenta además el tipo de dato dado al campo en la creación de la tabla.

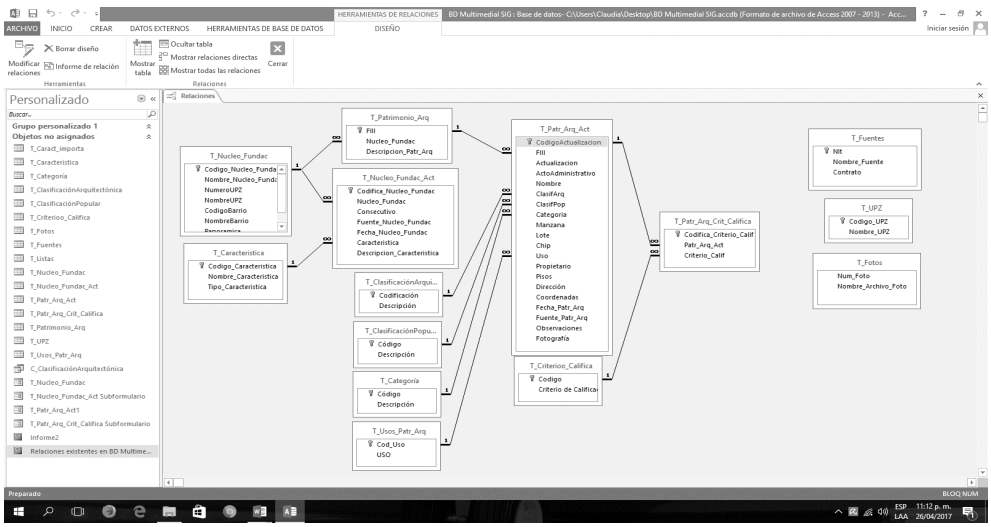


Imagen 5. Relaciones entre las tablas.

Una vez depuradas las relaciones entre las tablas, y dado que estas permiten consultar información mediante la combinación de datos, se procede al diseño de formularios[8] para extraer y presentar información, ya que dentro de sus características cuenta con propiedades de edición, adición y eliminación de datos.

Para la creación de estos formularios se da un ordenamiento a las tablas, basados en los datos almacenados y su relación inmediata con los datos de otras tablas; cada uno de los formularios se diseña de acuerdo con la cantidad de información arrojada y siempre en busca de sincronía y dinamismo en su presentación y visualización por parte del usuario final, para brindar además datos con precisión. Desde los formularios, igualmente, se dan controles como nombre, título, fuente, color y otros, a cada uno de los campos.

5 Una base de datos relacional permite la utilización simultánea de datos procedentes de más de una tabla.
6 Una *relación* es una característica que permite trabajar con varias tablas relacionadas a través de un campo en común.
7 "El proceso de *normalización* de una base de datos consiste en aplicar una serie de reglas a las relaciones obtenidas tras el paso del modelo E-R (entidad-relación) al modelo relacional".
8 "Los formularios se utilizan para presentar una visión ordenada de múltiple información sobre algo, y son útiles para llenar bases de datos".

Los formularios se encuentran distribuidos en tres secciones: encabezado, detalle y pie. Para este caso se trabajaron dos formularios principales: *T_Núcleo_Fundac* y *T_Patr_Arq_Act1*, a cada uno de los cuales se les anexa un subformulario: *T_Núcleo_Fundac_Act Subformulario* y *T_Patr_Arq_Crit_Califica Subformulario,* que contienen características y descripción de los inmuebles, para de esta forma combinar la información y mejorar la visualización hacia los usuarios.

El primer formulario, *Núcleos Fundacionales*, en el encabezado contiene su propio título; el detalle del formulario presenta información específica de cada núcleo, en el cual se visualizan los campos: código del núcleo fundacional, nombre del núcleo fundacional, número de UPZ, nombre de UPZ, código y nombre de barrio; este detalle incluye también las actualizaciones de cada núcleo fundacional, donde se puede observar la fecha de actualización y características como *historia, espacio público, estructura urbana, valores de estructura* y más. Es importante aclarar que algunos campos no arrojan la información por cuanto en algunos datos ofrecidos por el IDPC no se encuentra el registro completo.

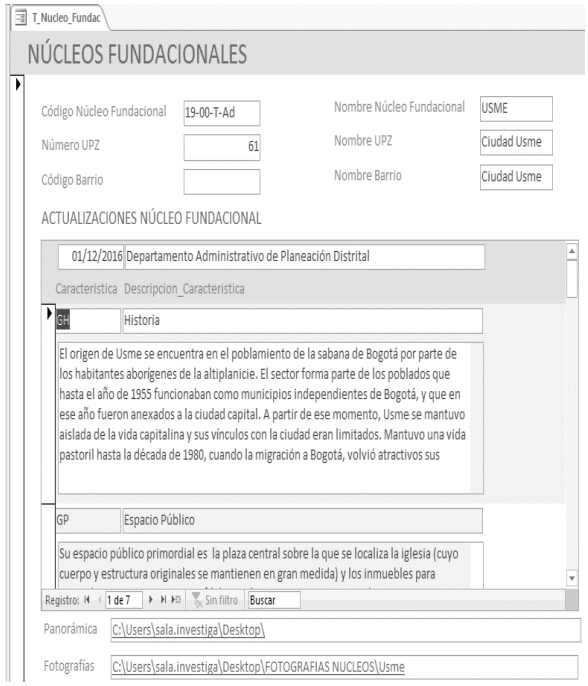


Imagen 6. Formulario núcleos fundacionales.

Este formulario cuenta con información fotográfica, la cual se registra en el pie de formulario a través de los campos *panorámica*, que presenta una vista panorámica de cada núcleo, y *fotografías,* muestra fotos de los inmuebles patrimoniales de dicho núcleo fundacional. A estos campos se accede a través de vínculos.

Las fotografías panorámicas fueron tomadas con el uso de un dron[9], en las diferentes salidas de campo realizadas por los integrantes del grupo de investigación.

9 Dron es un pequeño tipo de aparato volador no tripulado, que puede ser controlado en forma remota y que carga una cámara fotográfica especializada.

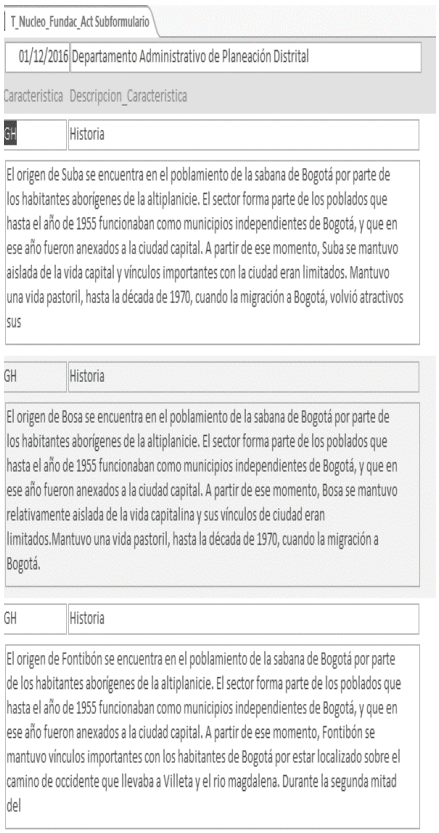
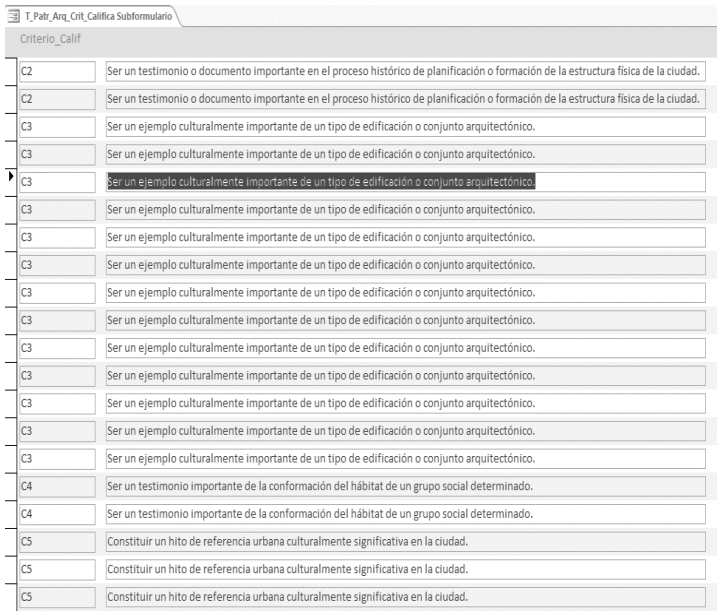


Imagen 7. Subformulario Características n*úcleos* fundacionales.

El segundo formulario es *Patrimonio arquitectónico,* el cual arroja información propia de 90 inmuebles ubicados en los diferentes núcleos fundacionales, y da datos como: número de identificación individual, lote, manzana, pisos, uso, dirección, propietario, y los criterios de calificación del patrimonio arquitectónico, entre otros.

Imagen 8. Formulario Patrimonio arquitectónico.

El siguiente formulario da una muestra de los criterios de calificación que se registran para los inmuebles, y se presenta la descripción según el criterio que le corresponda: C1, C2, C3, C4. Estos se extraen de los datos suministrados y se combinan gracias a las relaciones que se generaron con los campos de las diferentes tablas.



T_Patr_Arq_Crit_Califica Subformulario

Criterio_Calif	
C2	Ser un testimonio o documento importante en el proceso histórico de planificación o formación de la estructura física de la ciudad.
C2	Ser un testimonio o documento importante en el proceso histórico de planificación o formación de la estructura física de la ciudad.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C3	Ser un ejemplo culturalmente importante de un tipo de edificación o conjunto arquitectónico.
C4	Ser un testimonio importante de la conformación del hábitat de un grupo social determinado.
C4	Ser un testimonio importante de la conformación del hábitat de un grupo social determinado.
C5	Constituir un hito de referencia urbana culturalmente significativa en la ciudad.
C5	Constituir un hito de referencia urbana culturalmente significativa en la ciudad.
C5	Constituir un hito de referencia urbana culturalmente significativa en la ciudad.

Imagen 9. Subformulario Criterios de calificación patrimonio arquitectónico.

Conclusiones

Al finalizar la creación de la base de datos multimedial, se siente orgullo de revelar la Bogotá desconocida para muchos, y despierta el interés de inquirir sobre historias dormidas en relación con las culturas y costumbres de los habitantes de los mismos núcleos fundacionales. De otra parte, teniendo en cuenta que hoy se ha perdido la vida social y la comunicación familiar, este sería un punto de partida para reactivar la comunicación personal y revivir historias del pasado que redunden en el reconocimiento patrimonial y cultural, y trascienda en la Bogotá de hoy y del mañana.

Una vez almacenada la totalidad de la información, se compartirá con la comunidad mediante una interfaz gráfica que le brinde al ciudadano información relevante sobre la conservación de patrimonios arquitectónicos de los seis núcleos fundacionales. En esta etapa se desarrolla un prototipo simple, cuyo ejemplo se muestra a continuación:

Imagen 10. Prototipo inicial de interfaz gráfica desarrollada como conclusión del proyecto. *Fuente:* autoras.

La información levantada y registrada en la base de datos es útil para dar continuidad a proyectos que permitan evidenciar las realidades de este patrimonio de la ciudad de Bogotá, así como concienciar a la población de la existencia del mismo para su apropiación y valoración comunitaria.

Referencias bibliográficas

Beuf, A. (2012). *Concepción de centralidades urbanas y planeación del crecimiento urbano en la Bogotá del siglo XX*. Presentado en: XII Coloquio Internacional de Geocrítica. Bogotá: Universidad de Barcelona, Universidad Nacional de Colombia.

Boisier, S. (1993). *Postmodernismo territorial y globalización: regiones pivotales y regiones virtuales.* Santiago de Chile: ILPES.

Cano Olivera, L. E., Espitia Zambrano, P. E., Jayanes Aguilar, L., Pérez Chaves Sandoval, A. & Solórzano Rivera, I. (2007). *Diseño de una base de datos para el control del seguimiento del estado de los proyectos presentados por las asociaciones de desarrollo comunal y aprobados por las alcaldías del departamento de Santa Ana.* Santa Ana: Universidad Francisco Gavidia.

Contraloría de Bogotá (2011). *Informe final de auditoría gubernamental con enfoque integral modalidad especial transversal.* Bogotá: Contraloría de Bogotá.

Decreto 3640. *Diario Oficial* de la República de Colombia. Bogotá. Diciembre 17 de 1954.

Decreto 606. Registro Distrital. Bogotá. Julio 26 del 2001.

Instituto Distrital de Patrimonio Cultural (2003). Proceso de valoración individual de los bienes de interés cultural. Fichas de valoración. Contrato de consultoría N.° 64 del 2003. Bogotá.

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2002). *Informe del Sistema Nacional de Cultura - Colombia.* Madrid.

Rob, P. y Coronel, C. (2004). *Sistemas de bases de datos. Diseño, implementación y administración.* México: Thomson Editores.

Torres López, M. C., Rodríguez, P. & Riveros, M. (2014). *Sectores urbanos de interés cultural y educativo en el Distrito Capital: itinerario de seis plazas fundacionales de Bogotá.* Bogotá: Universidad La Gran Colombia.

CAPÍTULO 6.

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PIÑA CON FINES DE EMPRENDIMIENTO

Silvia Eugenia Campuzano Fernández
Vilma Yamile Martínez Granados

Introducción

Al revisar la literatura, se encuentra evidencia de la importancia de reutilizar diferentes fibras vegetales, obtenidas de los desechos de la agroindustria alimentaria, que puedan llegar a ser usadas en la elaboración de accesorios y fusionadas con el diseño de telas para confeccionar vestidos. Una de estas opciones es la posibilidad de hallar nuevas fibras vegetales a partir de desechos que no utiliza el sector agroindustrial, dado que, cuando los desechos agroindustriales no son bien manejados, pueden constituirse en una fuente de contaminación ambiental.

Los desechos que genera el cultivo de la piña, después de su recolección y poscosecha, pueden convertirse en materia prima para la obtención de textiles, que podrían llegar causar un impacto positivo en el sector, ya que se caracteriza por presentar una opción de fibra textil de buena calidad; es por esto que este estudio pretende establecer las mejores condiciones de fermentación generadas por un hongo para la transformación del bagazo de la piña en fibra textil.

Se parte de la pregunta: ¿cuáles son las mejores condiciones de fermentación para lograr una fibra de buena calidad a partir del bagazo de la piña?

Se logró recuperar una fibra de buena calidad, que puede ser usada para la elaboración de fibra y en la confección de vestidos.

Marco teórico

Según Gisela Panesso Luna, de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, en las últimas décadas las fibras sintéticas han permitido el desarrollo del ser humano; la mayoría de las nuevas tecnologías aeroespaciales e industriales han fortalecido su uso, pero en la actualidad generan un grave impacto ambiental, lo que ha hecho que estas sean reemplazadas por materiales biodegradables, más amigables con el medioambiente. Esta problemática ha llevado a diferentes investigadores a trabajar con fibras naturales, como sisal, yute, kenaf, lino, fique, banana, entre otras, con el fin de crear compuestos amigables con el medioambiente y de bajo costo para la industria (Luna, G., 2008).

Eva Aguilar comenta que un grupo de investigadores brasileños ha desarrollado una técnica para incorporar fibras provenientes de diversas frutas en la fabricación de partes de automóviles, lo que ha creado una nueva generación de plásticos más livianos, resistentes y en mayor sintonía con el medioambiente; es así como fabricantes de automóviles se encuentran ya en el proceso de someter a prueba plásticos reforzados con fibras de nano-celulosa, las cuales brindan mejores propiedades que los actuales polímeros (Aguilar, E., 2012).

La celulosa es la biomolécula orgánica más abundante en la Tierra, ya que constituye el principal compuesto de los troncos y otras partes de las plantas. Su estructura es fibrosa y, por sus propiedades, ha sido utilizada durante siglos para fabricar papel. En años recientes, los científicos han descubierto que, tras procesar la madera de forma intensiva, se obtienen fibras de celulosa muy delgadas o, como las han llamado, de nano-celulosa. Estas son tan finas, que unas 50 mil cabrían perfectamente en un solo cabello humano. Como ocurre con las fibras hechas de cristal o carbón, las de nano-celulosa pueden añadirse a otro tipo de materia prima para hacer plásticos y generar materiales fuertes y duraderos.

Para la producción de fibras de nano-celulosa los investigadores brasileños están utilizando las hojas y el tallo de la piña, y de otras plantas de la misma familia, como el fique y el curará, aunque también han identificado materia prima de gran utilidad en el banano y el coco. En el laboratorio, hojas y tallos se meten en una especie de olla a presión y se añaden otros productos químicos. La mezcla se calienta durante los varios ciclos que dura el proceso y, finalmente, se obtiene un material muy fino que se asemeja al talco. Los investigadores aseguran que una libra (0,45 kilos) de nano-celulosa es suficiente para producir 100 libras de plástico fuerte y a la vez ligero.

Sin embargo, generar nano-celulosa es costoso. Alcides Leao explica que esto se debe a que el proceso que se utiliza no fue diseñado para producir fibras de nano-celulosa sino papel de estraza, por lo que hubo de someterlo a una serie de adaptaciones que elevaron su costo. Él ha trabajado en la evaluación de fibras de piña como alternativa para reforzar polietileno de alta densidad, lo que ha permitido obtener buenos resultados. Asimismo, se han utilizado las fibras naturales del henequén, coco, piña, entre otras, para el reforzamiento de polímeros termoplásticos (CICY, 2002), como refuerzo para resinas poliéster entrecruzadas con estireno o acrilato de butilo. Moya estudió materiales compuestos de polietileno de baja densidad, reforzados con fibras de hoja de piña (Leao, 1997).

Investigaciones recientes (Jasso, 2000; Nabi, 1999; Arribas, 2001; Bledzki, 1999), indican que el campo de los materiales compuestos de matriz polimérica se orienta hacia la utilización de fibras

naturales, como la piña, para refuerzos. Esto se debe a las desventajas asociadas a la utilización de la fibra de vidrio u otras fibras sintéticas, como la abrasión en equipos, altos costos energéticos y la dificultad para su reciclaje.

En los últimos años, el uso de la fibra de piña en diversas áreas ha surgido con gran fuerza. Entre las principales razones se tiene su disponibilidad, diversidad y renovabilidad, así como el bajo consumo energético en su fabricación, los costos competitivos y su baja densidad. En el área de polímeros, la implementación de esta fibra como refuerzo tiene como principales inconvenientes su carácter hidrófilo, su baja estabilidad dimensional y térmica, su degradabilidad en presencia de microorganismos, la luz ultravioleta, ácidos y bases fuertes y la tendencia a la inflamabilidad.

Existen muchas variedades de fibra de piña y formas de clasificarlas teniendo en cuenta sus condiciones agroecológicas. Una de las clasificaciones se refiere al lugar de su procedencia; se habla, entonces, de fibras largas (duras o blandas) provenientes de parte del sistema vascular de las hojas y del tallo de la planta. Las fibras cortas, provenientes de semillas o frutos, y las misceláneas, provenientes de otras partes de la planta. De los grupos de fibras naturales, de acuerdo con su origen y propiedades, el más utilizado como refuerzo es el de fibras duras, y de estas, el sisal, abacá, henequén y coco representan el 90% del volumen total empleado. Para G. Jayao *et al.* y Kuruvilla, las fibras lignocelulósicas, como yute, sisal y piña, han sido usadas como refuerzos en matrices termoestables y en la generación de nuevas materias primas para la industria textil (Jayamol, 2000).

Fibra de piña. Es de origen natural y se obtiene de los residuos orgánicos que no son utilizados por la agroindustria. Su penacho y sus hojas se componen, en un alto porcentaje, de celulosa y lignina (polímero natural). Este material, al ser resistente, es ideal para la formación de fibras textiles, y su proceso de reciclaje y reutilización es muy benéfico para el medioambiente; es por esto que se establece que la piña es una de las fibras ecológicas del futuro.

Las fibras de la corona de la piña son extremadamente largas, ya que alcanzan los 5 cm y algunas llegan a superar esta medida. Es idea común, en el campo textil, que las fibras largas dan resistencia a los hilos y tejidos, y la resistencia a la tracción depende tanto de la longitud de la fibra como de la capacidad para enlazarse entre sí (morfología).

La piña se considera una planta no maderable, cuya celulosa existe como delgados filamentos con una longitud indefinida. Estos se llaman microfibrillas de celulosa y están rodeados de hemicelulosa y lignina. Esta última es el segundo compuesto orgánico más abundante sobre la Tierra, solo superada por la celulosa. Es un compuesto aromático heterogéneo, que forma parte de los tejidos de sostén de los vegetales.

Las hojas de la corona de la piña poseen un bajo contenido de lignina (entre el 7 y 12%) que ayuda a que su extracción no sea tan dispendiosa ni necesite de agentes muy agresivos para su separación de las fibrillas de celulosa.

Información taxonómica de la piña

INFORMACIÓN TAXONÓMICA	
Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Liliopsida*
Orden	*Bromeliales*
Familia	*Bromeliaceae*
Género	*Ananas*
Especie	Comosus

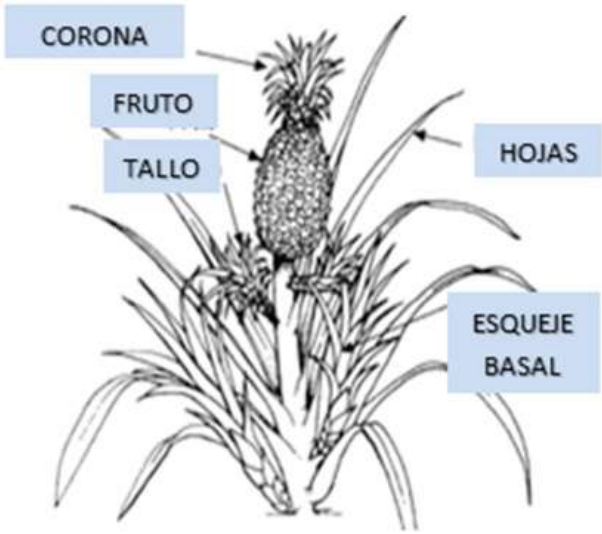
De las 2.700 especies que se encuentran agrupadas en 56 géneros de la familia *Bromeliaceae,* la piña es la más común. Es la única planta de esta familia que es cultivada para consumo como alimento. Estas plantas crecen en regiones tropicales y subtropicales de América. De las diferentes especies de piña, la mayoría son cultivadas en Suramérica, y Brasil es su mayor productor (García, M., 2005).

A. comosus es una planta terrestre, con hojas rígidas en su parte basal. Posee un tallo rojizo, que se observa a los 2 años; este crece de forma longitudinal y alcanza 1 y 1,5 m. Del tallo surgen unas espigas, con este engrosado, constituidas por docenas de flores de color violáceo. Las flores son hermafroditas, los tépalos externos apenas asimétricos y libres, el florecimiento dura entre uno o más meses; la planta es auto estéril. El fruto es grande y ovoide. Los sépalos se convierten en una pulpa amarilla, un poco fibrosa, dulce y ácida, muy fragante su aroma, este se debe al acetato de etilo. La flor propiamente se transforma en un escudo octogonal de cubierta dura (figura 1). La cavidad de la flor endurece sus paredes. En la cubierta está constituida por diferentes compuestos químicos, que varían según el grado de madurez de la fruta y de las condiciones de cultivo; la cáscara tiene mayor porcentaje por holocelulosa, compuesto formado por α-celulosa y hemicelulosa, seguida de xilano y, en menor porcentaje, de lignina (Ramírez, K. 2012).

Composición de la cáscara de la piña. Ramírez, K. (2012)

Ensayo	*Resultado*
Humedad	7,46 % (± 0,01)
Cenizas	4,25 % (± 0,01)
Solubilidad agua fría	29,32 % (± 0,01)
Solubilidad agua caliente	30,93 % (± 0,01)
Solubilidad ciclohexano-etanol	24,74 % (± 0,02)
Lignina	9,05 % (± 0,02)
α-celulosa	41,19 % (± 0,01)
Holocelulosa	65,61 % (± 0,01)
Xilano	28,40 g/L (± 0,04)

Figura 1. Partes de la piña.



Condiciones de cultivo

La piña es una fruta que se caracteriza por requerir condiciones climáticas tropicales para su cultivo; es decir, una altura de 800 a 1.200 m.s.n.m. y una temperatura de 16 °C; se desarrolla en suelos permeables, poco húmedos, con buena aireación y una pendiente del 25%; su siembra se debe realizar en líneas dobles (densidad), con el manejo de pH óptimos, de 5,0 a 5,8, debido a que pH inferiores pueden minimizar los niveles de compuestos como el fósforo y el magnesio, requeridos para los ciclos biogeoquímicos, y pH mayores pueden inhibir el crecimiento de la planta (León, J., 1998.)

Esta fruta tarda en florecer entre 14 y 16 meses, tiempo en el que se da una flor desordenada y de baja calidad; a partir de este momento se demora de 17 a 31 meses en dar un fruto apto para comercializar, debido a la desigualdad dada en el desarrollo de la flor entre las plantas (figura 2).

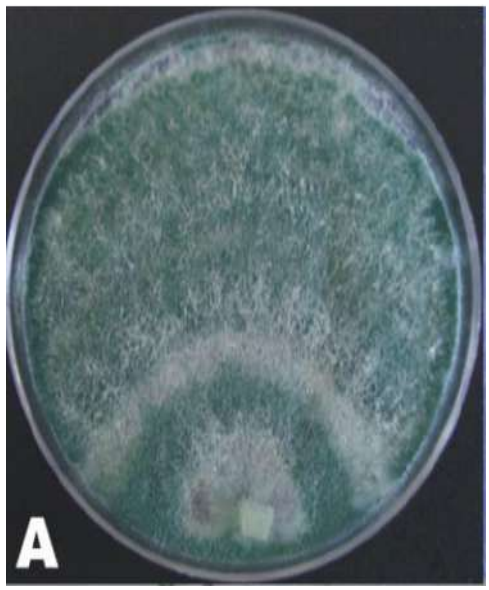
Figura 2. Etapas de crecimiento de la piña (Garcés, E., 2003).

Hongos: *Trichoderma reesei*

Especie fúngica predominante en suelos agrícolas, pastizales, bosques, desiertos y en ecosistemas acuáticos. Características como su capacidad reproductiva y crecimiento, factores físicos como humedad y temperatura, entre 25 y 30 °C o temperaturas extremas, y factores químicos como el pH y la salinidad permiten su supervivencia. El género *Trichoderma sp.* tiene la capacidad de secretar y liberar grandes cantidades de enzimas celulíticas, como polisacarasas, celulasas, xilanasas y quitinasas, aprovechadas en procesos industriales y que permite la obtención de diversos materiales, como fibras textiles, detergente para ropa, aceite de oliva, vino, cerveza, jugos, alimentos para animales, producción de combustibles, fibras de vidrio, entre otros. Por ejemplo, *T. reesei,* se utiliza en el blanqueamiento de pulpa de papel, con lo que se deja de utilizar el blanqueo con cloro y se favorece al medioambiente, contribuye en la degradación de compuestos orgánicos contaminantes del suelo y los transforma en compuestos que presentan menor o mayor toxicidad respecto al compuesto original (Ramírez, K., 2012).

Clasificación taxonómica de *Trichoderma reesei*.

Reino	*Mycetae* (fungi)
División	*Eumycota*
Subdivisión	*Ascomycotina*
Clase	*Euascomycetes*
Orden	*Hypocreales*
Familia	Hypocraceae
Género	*Trichoderma*
Especie	*T. reesei*



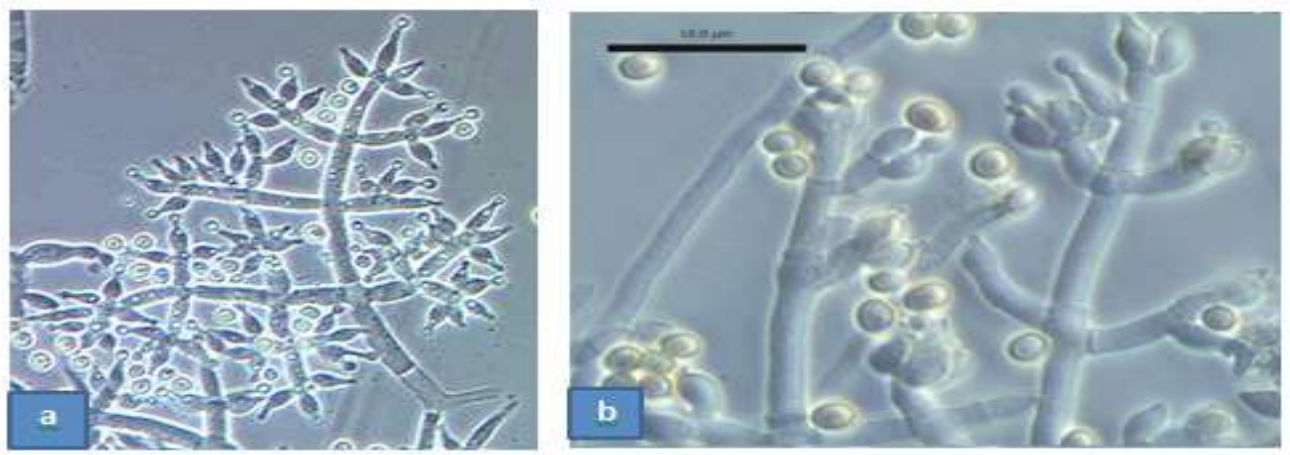
Morfología de las colonias de *T. reesei.* Argumedo, R. (2009).

Morfología

Poseen un núcleo diferenciado y organelos citoplasmáticos, rodeados por membranas con una pared celular rígida. Algunos hongos poseen estructuras vegetativas filamentosas, llamadas hifas; estas formas estructurales tienen un crecimiento largo y en distintas direcciones, lo hacen uniformemente, y presentan un diámetro de alrededor de 1 a 2 mm. El conjunto de hifas es denominado micelio, su crecimiento es polarizado, ocurre en el ápice de la hifa, y prolifera a lo largo y a través del sustrato. En su reproducción asexual, lo típico es que se forme un gran número de células especializadas llamadas esporas (Garcés, E., 2003).

Al terminar su desarrollo, *Trichoderma sp.* se caracteriza por estar formada de micelio septado, multirramificado, que termina en una esterigma que desprende conidias verdes brillantes (Suesca, A., 2012).

Características morfológicas de *T. reesei*.



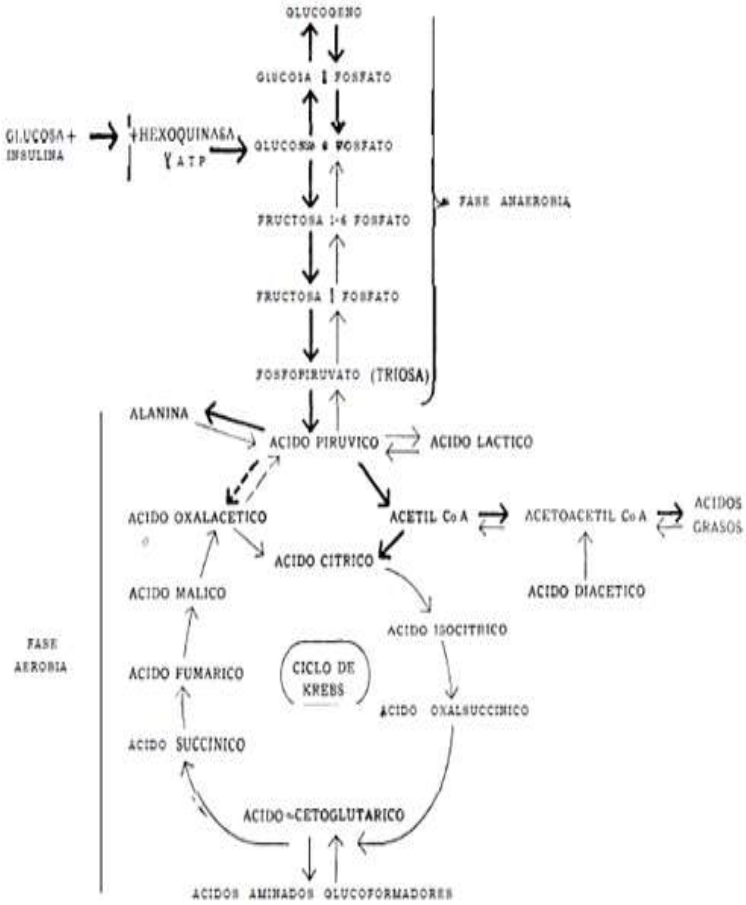
a. Imagen microscópica de *T. reseei*, b. imagen de conidias verdes brillantes de *T. reseei* (Garcés, E., 2003; Suesca, A., 2012).

Características morfológicas de *T. reesei* (Suesca, A., 2012)

	T. reesei
Conidias	Longitud-ancho: entre 1,2 y 2,4 Ornamentación: lisa Forma: elipsoidal Ancho: entre 2,2 y 3,2
Conidióforo	Con largos ejes centrales, fiálides separadas en largas distancias.
Clamidospora	Forma: solitaria Ancho: entre 5,3 y 11,4
Cultivo PDA a:	
• 40 °C	Radio > 5 mm después de 72 horas.
• 35 °C/72 horas en la oscuridad	Radio 38-55 mm

Ciclo metabólico

Al igual que la mayoría de los microorganismos, *T. reesei* usa la ruta metabólica de la glucólisis. El proceso inicia con la fosforilación de la glucosa, que se convierte en glucosa 6-fosfato, una isomerización de la fructosa convierte glucosa 6-fosfato en fructosa 6-fosfato, luego este producto, en presencia de ATP y con la actuación de la fosfohexoquinasa, se fosforiliza y da fructosa-1-6-difosfato, que por efecto de la aldolasa da gliceroaldehido-3-fosfato (Martínez, 2008). A continuación se presenta una oxidación y se forman enlaces fosfato de alta; en este momento solo se han gastado moléculas de ATP, no se ha obtenido ninguna ganancia de dichas moléculas (Varela, 2008). Se consigue la primera ganancia de ATP cuando se presenta la transferencia de un grupo fosfato del 1,3-ácido bifosforoglicérico al ADP. En este nivel se genera un reordenamiento de la triosa, de manera que el fosfato pasa a una posición donde forma un enlace de alta energía. La reacción es catalizada por la mutasa y la enolasa. La mutasa cataliza un cambio intramolecular de un grupo químico como el fosforilo. La enolasa cataliza la formación de fosfoenolpiruvato (Martínez, 2008; Varela, 2008). La etapa final se lleva a cabo cuando se transfiere el ácido fosfórico al ADP y se forma ATP y ácido pirúvico; esta reacción es catalizada por piruvato quinasa. En este punto el metabolismo puede tomar la vía anaerobia y obtener como producto final alcohol etílico (Varela, G., 2008; Chambergo, 2005).



Ruta metabólica usada por *T. reesei*. Chambergo (2005).

Metodología

- Se realiza un estudio de las condiciones de fermentación por el método tradicional y se compara con el método ayudado por el hongo
- Las especies de piña se tratan en las condiciones que favorezcan la calidad del producto
- Se reutiliza el bagazo de la piña con tratamiento convencional
- Se reutiliza el bagazo de la piña con tratamiento con intervención de un hongo
- Se compara la efectividad del proceso de fermentación con y sin la ayuda del hongo

Resultados

Los residuos agroindustriales se han convertido en una importante fuente de investigación alrededor del mundo, debido a que cuando son dispuestos en el suelo sin ningún tipo de tratamiento, su lenta descomposición se convierte en un problema de contaminación ambiental. La importancia del estudio de estos residuos radica en su potencial para generar materia prima para la obtención de diferentes productos industriales de interés (Saval, S., 2003). Microorganismos como los hongos facilitan el proceso de obtención de estos insumos, al dar uso a sus metabolismos de fermentación (Llacza, L., 2012).

La fermentación es un proceso de biodegradación, comúnmente usado por la mayoría de microorganismos para la generación de productos indispensables para sus diferentes necesidades; pero no solo es importante este proceso en dichas formas de vida, la fermentación ha sido y seguirá siendo un procedimiento útil para la transformación de residuos en materias primas para uso industrial. Se han usado a través del tiempo metodologías como la fermentación sumergida y la fermentación en fase sólida para la conversión de residuos, siendo la fermentación en fase sólida las más usada, ya que es una alternativa que ofrece mejores resultados debido a características como: facilidad de uso, mejor desarrollo microbiano, por favorecer la penetración y adhesión de los microorganismos, menor índice de contaminación, múltiple aplicabilidad industrial y menor consumo de energía; proceso que al ser desarrollado bajo condiciones adecuadas puede llegar a optimizar la producción de insumos (Singania, 2010).

Entre los años 2009 y 2014 se ha visto cómo la fermentación de fase sólida ha incursionado con mayor fuerza en las industrias de biocombustibles, alimenticias y alcohólicas, y se cataloga como un proceso de alta confiabilidad y rentabilidad, capaz de ser implementada por industrias a pequeña y gran escala, para la fabricación de sus productos finales (bebidas alcohólicas, alimentos y biocombustibles, entre otros).

De los microorganismos que han sido objeto de estudio en esta revisión documental, usados para la fermentación de fase sólida (SSF), se destaca el hongo filamentoso *T. reesei*, por su capacidad de invasión y descomposición de residuos agroindustriales (principalmente cáscaras y bagazos) mediada por la acción de su complejo celulolítico (celulosas, hemicelulasas y B-glucolonidasas) que actúa de la siguiente manera:

Celulosa-C1 Celulosa Activada-Cx Celobiosa --β-glucosidasa Glucosa

Con el fin de obtener sustancias (bioetanol, ácido cítrico, entre otros) para uso industrial. Vale la pena resaltar que su acción fermentativa puede ser retardada por compuestos como la lignina (compuesto de la materia vegetal), razón por la cual se sugiere el uso del pretratamiento con sales para liberar la materia vegetal de dicha sustancia y mejorar su rendimiento fermentativo.

En cuanto al sustrato vegetal que ha sido empleado para la SSF, se manejan todo tipo de residuos agroindustriales (bagazos, pétalos, tallos, hojas, frutos, jugos de fruta, entre otros) provenientes de cualquier planta (fruta y vegetales); se observa que los residuos de frutas poseen en sus cáscaras un porcentaje de 25-30% de celulosa y hemicelulosa, y un 30-40% de lignina, esto sugiere ser un residuo

favorable para la producción de insumos para las industrias y la estructura celular que poseen estos residuos favorece el rendimiento fermentativo de los microorganismos (Cuervo, 2009; Gautman, 2010, p. 50), en cuanto a producción de fibras y etanol, este sustrato sería muy favorable, pues se generaría mayor cantidad de materia prima (Montoya, 2008; Domínguez, 2003; Saval, S., 2003).

Es así como, al comparar la capacidad y eficiencia fermentativa de cada hongo sobre residuos agroindustriales, se observa mejor desempeño sobre el bagazo de la piña del *T. reseei*, debido a la acción conjunta de sus enzimas y a las condiciones de cultivo (aerobiosis, pH 5,0 y temperatura 27 °C durante 72 horas) preestablecidas para este estudio (SSF), para dar como resultado fibra vegetal para refuerzo de telas (Reeta, 2009; Vanda, 2013).

Un consorcio entre *T. reesei* ofrecería una forma rápida y efectiva de degradación de celulosa; su acción se presentaría de la siguiente forma: el hongo filamentoso degrada la celulosa y hemicelulosa presentes en los residuos, como las cáscaras de frutas, y la levadura fermenta los azúcares libres producidos (Caraballo, F., 2000).

Conclusiones

La capacidad de los complejos enzimáticos del hongo *T. reesei*, hace de este la mejor opción para lograr una degradación óptima de los residuos con compuestos lignocelulolíticos y la producción de fibras útiles en la industria textil.

La fermentación en fase sólida ha sido sugerida como la técnica más fácilmente ejecutable, a menor costo y apropiada para la biodegradación de residuos con contenido lignocelulolítico.

El proceso de fermentación es más efectivo si es realizado por *T. reesei*, debido a la gran cantidad de enzimas celulasas que expresa; estas enzimas aceleran el proceso de degradación de celulosa, en comparación con el método convencional sin intervención de hongos.

Referencias bibliográficas

Aguilar, Eva. Agencia de Noticias para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología (DiCYT). Recuperado de: www.dicyt.com www.dicyt.com/

Argumedo, R., Alarcón, A., Cerrato, R. & Peña, J. (2009). El género fúngico *Trichoderma* y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos. *Rev. Int. Contam. Ambient.,* 25 (4): 257-269.

Arvanitoyannis, I. S. & Varzakas, T. H. (2008). Vegetable Waste Treatment: Comparison and Critical Presentation of Methodologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 48: 205-247.

Awasthi and Sarsaiya, S. (2010). "Screening of cellulolytic fungi for management of municipal solid waste". *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, 5* (4): 391-395.

Caraballo, F. (2000). *Microbiología industrial: microorganismos de interés industrial* (pp. 20-21). España: Editorial Acribia.

Cerón, C. E. (2003). Etnobotánica de las fibras naturales en Ecuador. *Cinchonia*, vol. 4: 21-34.

Chambergo, F. S., Bonaccorsi, E. D., Ferreira, A. J., Ramos, A. S., Ribamar, J., Junior, F. y otros (2005). *Elucidation of the Metabolic Fate of Glucose*.

Cuervo, L., Folch, J. L. & Quiroz, R. E. (2009). "Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol". *Biotecnología*, 11-23.

Domínguez, J. M. (2003). Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre *Kluyveromyces marxianus*. Madrid: Universidad Complutense.

Garcés, E. (2003). Morfología y clasificación de los hongos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.

García, M. & Serrano, H. (2005). La piña, *Ananas comosus* (L.) Merr. (*Bromeliaceae*), algo más que un fruto dulce y jugoso. *Contactos*, 55-61.

García B., María (2010). Subproductos agropecuarios y agroindustriales. Universidad Popular del Cesar.

Guía de Mejores Técnicas Disponibles (GMTD) (2006). En España, del sector de los transformados vegetales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Hernández, A. (2003). "Microbiología industrial". Capítulo 3: "Fermentaciones". Editorial EUNED (libro 1).

Jayamol, G., Bhagawan, S. S. & Sabu, Thomas (1998). "Effects of environment on the properties of low-density polyethylene composites reinforced with pineapple-leaf fiber". *J. Composite Sci. & Technology*, vol. 58, p. 1471.

Kuruvilla, J., Sabu, T., Pavitharan, C. & Brahmakumar, M. (1993). "Tensile Properties of Short Sisal Fiber-Reinforced Polyethylene Composites". En: *Journal. App. Polym. Sci.,* vol. 7, N.º 4, p. 1731.

Leão, A. Carvalho & Frollini, E. (Eds.) (1997). "Utilization of Natural Fibers in Plastic Composites: Problems and opportunities. Lignocellulosic Plastic Composites". Editorial UNESP, San Pablo Gautam S. P., P. S. Bundela, A. K. Pandey, M. K. Brasil, pp. 23-51.

Gautam, S. P., Bundela, P. S., Pandey, A. K., Awasthi, M. K. & Sarsaiya, S. (2010). "Screening of cellulolytic fungi for management of municipal solid waste". *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, 5* (4): 391-395.

León, J. (2000). *Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales* (9.ª ed.) (pp. 102-107). Lima: IICA.

Luna, G. P. (2008). Elaboración y evaluación de plásticos reforzados a partir de fibras de piña. En: Investigaciones Aplicadas, Universidad Pontificia Bolivariana.

Llacza Ladera, Henry F. (2012). Evaluación de la actividad celulolítica del complejo enzimático celulasa en cepas fúngicas de los departamentos de Cajamarca, Lima, Junín, Huánuco. Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Martínez, C. B. (2008). Celulasas fúngicas: aspectos biológicos y aplicaciones en la industria energética. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 119-23.

Mohammad L., Hassam. (2003). "Utilization of Lignocellulosic Fibers in Molded Polyester Composites". En: *Journal Appl. Polym. Sci*., vol. 87, p. 653.

Montoya B., Sandra (2008). Actividad enzimática, degradación de residuos sólidos orgánicos y generación de biomasa útil del macromiceto Grifola Frondosa. Universidad Nacional, sede Manizales.

Moya (2001). Producción y aprovechamiento de desechos agroindustriales en América Latina. Development of environmentally compatible polymers from biowaste, Heredia, Costa Rica, pp. 76, 79, 82, 83.

Quesada, K. (junio de 2005). Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comusus*, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliester. En: *Revista Iberoamericana de Polímeros*.

Ramírez, K., Rojas, O., Alvarado, P. & Vega, J. (2012). Obtención de xilosa a partir de desechos lignocelulósicos de la producción y proceso industrial de la piña (*Ananascomusus*). *Uniciencia*, 75-89.

Reeta Rani Singhania, Anil Kumar Patel B., Carlos R. Soccolc, Ashok Pandeya (2009). "Recent advances in solid-state fermentation". *Biochemical Engineering Journal, 44*: 13-18.

Saval, S. (2003). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. México.

Singania *et al.* (2010). "Avancement and comparative profiles in the production technologies using solid-state and submerged fermentation for microbial cellulases". *Enzyme and Microbial Technology*, *46*: 541-549.

Suesca, A. (2012). Producción de enzimas celulolíticas a partir de cultivos de *Trichoderma* sp. con biomasa lignocelulósica. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.

Vanda, R., Guarnieri, A., Gomes, J. & Ceccato, R. (2013). "Characteristics of Saccharomyces cerevisiae yeasts exhibiting rough colonies and pseudohyphal morphology with respect to alcoholic fermentation". *Brazilian Journal of Microbiology, 44* (4): 1121-1131.

Varela, G. & Grotiuz. G. (2008). Fisiología y metabolismo bacteriano. Temas de bacteriología y virología médica, 43-57.

CAPÍTULO 7.

PRODUCCIÓN BIOTECNOLÓGICA DE AROMAS A PARTIR DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Judith Elena Camacho Kurmen

Ana Graciela Lancheros Díaz

Los aromas en el contexto nacional e internacional

El aroma puede ser definido como la fracción volátil percibida por receptores ubicados en las fosas nasales; existen una multitud de aromas en la naturaleza. El aroma tiene que ser diferenciado del aceite esencial constituido por la fracción no volátil del alimento, compuesto por las moléculas más pesadas; por ejemplo, el zumo de la cáscara de los cítricos está compuesto en gran parte de alcoholes terpénicos (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Con la exportación de artículos, como perfumes para baño, maquillajes, jabones orgánicos y dentífricos, Colombia es hoy uno de los cinco principales productores de la industria de cosméticos y productos de aseo en Latinoamérica, posición que lo consolida como un proveedor mundial de calidad. Un informe de Euromonitor International señaló que "con un crecimiento compuesto anual de 8,9% entre 2000 y 2014, Colombia se mantendrá como uno de los motores de crecimiento del mercado latinoamericano".

Solo en el 2013, de acuerdo con información del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con datos del Departamento Nacional de Estadísticas (Dane), las exportaciones colombianas del sector llegaron a US$ 685,3 millones, un 10,2% más que en el 2012, y ocho veces más que lo registrado en el 2000. Y entre enero y junio del 2014 totalizaron US$ 290,3 millones (Procolombia, 2016).

Procolombia, por su parte, identificó oportunidades que le permitirán una mayor expansión a la industria colombiana a través de su internacionalización.

"La biodiversidad es una de las grandes ventajas competitivas, así como la oferta, pues hay variedad y los productores nacionales ajustan sus productos a las necesidades de los compradores, aprovechando nichos de mercado con valor agregado y así expandir esta industria para su internacionalización", señaló María Claudia Lacouture, presidenta de la entidad (Procolombia, 2016).

En el escalafón de Earth Trends, Colombia es el segundo país más biodiverso por km^2 en el mundo, después de Brasil, con plantas que se destacan por su uso sostenible, como: ipecacuana, bálsamo de Tolú, borojó, gualanday, muña, añil, achiote, arazá, jagua, asaí y el seje, estos últimos usados como colorantes, con una alta demanda para cosméticos en Europa.

A esto se suma un crecimiento sostenido de la demanda mundial por los cosméticos y productos de aseo. El estudio de Euromonitor International reveló que en los últimos 12 años el mercado tuvo un dinamismo positivo, al pasar de US$ 368.415 millones de compras en el 2000 a US$ 776.331 en el 2013, con una tasa de crecimiento promedio anual de 5,9% (Procolombia, 2016).

Asia Pacífico y Europa Occidental fueron los mercados que más compraron durante esos años. "La tendencia mundial apunta a productos elaborados con materias primas naturales que beneficien la salud, tanto en artículos de aseo personal como en los cosméticos convencionales", agregó Lacouture (Procolombia, 2016).

Por ejemplo, en Alemania, concluyó un análisis de Procolombia, la demanda se concentra en productos de origen natural y con esencias exóticas, especialmente para el pelo, la piel, el cuidado de los dientes, perfumes y cosméticos para hombres (Procolombia, 2016).

Los sabores y fragancias representan más de un cuarto del mercado mundial, y la mayoría de los compuestos del aroma y el perfume son producidos por síntesis química o por extracción de materiales naturales, como plantas y animales. Las fragancias y sabores se aplican en los alimentos, en los sectores de la alimentación, cosmética, química y farmacéutica. Fuentes como animales y vegetales son importantes para obtener biosabores y aromas, pero estos compuestos bioactivos están presentes en menores cantidades, por lo que su aislamiento y formulación son muy caros. La biorruta para la síntesis del aroma se basa en procesos microbianos novo (fermentación) o en bioconversiones de precursores naturales con el uso de células microbianas o enzimas (biocatálisis). Estableciéndose el potencial de los microorganismos a utilizar como pequeñas biofábricas para la producción de bio-sabores y fragancias (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Debido a la demanda del mercado de perfumes y fragancias de origen microbial, la biotecnología ofrece una alternativa atractiva para la producción de moléculas aromáticas y de sabores en grandes cantidades. Las empresas han invertido una cantidad, de la suma global de $ 13,5 millones, para la producción microbiana con base en las moléculas de sabor y fragancia, en colaboración con una empresa llamada Allylix, ubicada en San Diego. Con la ayuda de herramientas biotecnológicas, se pueden producir las moléculas de sabor y fragancia más baratos y en cantidades más grandes, que no era posible mediante síntesis química o extracción de las plantas.

Metabólicamente las ingenierías de los microorganismos pueden producir una variedad de moléculas naturales, que van desde patchoulol, linalool, nerolidol, valencene a sclareol mediante fermentación. Estas moléculas son más respetuosas del medioambiente y son naturales; por ejemplo, una empresa de biotecnología Givaudan ha patentado un camino biosintético microbiano para la producción de vainilla. Este es un agente común saborizante, que puede ser producido de forma más económica a partir de fenol y el uso de microorganismos en vez de vainilla natural, cuyo proceso es costoso (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Como ejemplos de microorganismos productores de aromas se encuentran:

Trichoderma harzianum y *T. viridae,* tienen la habilidad de producir l 6-pentil-α-pirona (6PP), un compuesto con aroma a coco, en concentraciones de 19 mg/L y 376 mg/L, respectivamente, a partir de aceites vegetales de aceite de castor. El *T. harzianum* utiliza como fases acuosas el polietilenglicol y fosfato (Reyes & Franco, 2006).

Tabla 1. Sabores y aromas producidos por algunos microorganismos, o con el uso de enzimas, adoptado de Krings y Berger (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Tipo de aroma	Componente activo	Microorganismo/enzima envuelta en producción
Almendra	Benzaldehído	*Ischnoderma benzoinum* (un hongo)
Manzana y piña	Ácido butírico	*Clostridium butyricum*
Componente saborizante de productos diarios	2,3-butanediona	*Lactic streptococci*
Rosa (como olor)	Citronelal	*Rhodotorula minuta* (levadura)
Componente saborizante de algunos aceites esenciales	(+)-Curcumena	*Saccharomyces cerevisiae* (levadura de panadería)
Durazno	γ-Decalactona	*Yarrowia lipolytica* (levadura)
Coco-durazno	δ-Decalactona	Reducción enzimática de α, β-compuestos insaturados (massoia lactona)
Componente saborizante de algunos aceites esenciales	(+)-Dehydro-curcumena	*Saccharomyces cerevisiae* (levadura)
tipo de fragancia cítrica	(-) Isopulegol	Lipasa (*Pseudomonas* sp.)
Menta	(-)-Mentol	Lipasa (*Candida rugosa*)
Componente de fragancia costosa	Nor-patchoulenol	*Pithomyces* sp. (moho)
Componente saborizante de algunos aceites esenciales	(+)-Nuciferal	*Saccharomyces cerevisiae* (levadura)
Rosario	Fenoletanol	*Kluyveromyces* sp. (levadura)
Sabor a menta verde	β-pineno	Lipasa
Frambuesa	Frambuesa cetona	*Beauveria bassiana* (hongo)
Sabores de chocolate	Taumatina y monelina	*Kluyveromyces* sp. (levadura)
Componente saborizante de algunos aceites esenciales	(+)-Turmerona Vanilla	*Saccharomyces cerevisiae* (levadura)

Ceratocystis fimbriata son otra clase de hongos, utilizados en la producción de aromas debido a su crecimiento rápido y a la variedad de compuestos aromáticos que produce. *C. fimbriata,* a partir de un cultivo sólido con cascarilla y pulpa de café como fuente de carbono, genera compuestos aromáticos frutales, como acetato de etilo, acetaldehído. *Ceratocystis moniliformis* crece rápidamente y sintetiza gran cantidad de compuestos, como permeato de etilo, acetato de etilo, acetato de propilo y alcohol isoamílico, entre otros (Reyes & Franco, 2006), (Nigam, Singh & Pandey, 2009), (Akacha & Gargouri, 2015).

El aroma a rosas es muy utilizado en la elaboración de perfumes y cosméticos. El 2-fenieletanol es un compuesto aromático con olor a rosas. Estchmann, *et al*. (2002) señalan una gran variedad de microorganismos productores, como *Phenillu signarius*, *P . laevigatus* y *P. tremulae*,

pero los microorganismos más prominentes en producción son las levaduras, entre las que se encuentran: *Saccharomyces cesvini* y *Torulopsi sutilis,* que producen 12 mg/L de 2-feniletanol en 7 días. *Pichia fermentans produce* 453 mg/L en 16 horas; *Kloeckera saturnus* con 1,7 g/L en 24 horas y *S. cerevisiae Giv* 2009 que alcanza concentraciones de 2,35 g/L en 48 horas (Reyes & Franco, 2006).

En la industria de los quesos se ha usado una gran variedad de microorganismos para efectos del sabor y aroma. Se han utilizado asociaciones microbianas entre *Geotrichum candidum*, bacterias como *Corynebacterium* sp. y algunas levaduras como *Kluyveromices lactis* y *Yarrowia lipolitica,* entre otras asociaciones, que producen compuestos sulfurados aromáticos. La optimización genera grandes resultados debido a que las sustancias son detectables de forma fácil en los medios de cultivo. Asociando *K. lactis* con una bacteria, se producen ésteres y alcoholes en cantidades relativamente grandes. *Y. lipolítica* en asociación con bacterias produce compuestos aromáticos como 2-propanol, cetonas como 2-butanona, entre otros (Reyes & Franco, 2006) (Akacha & Gargouri, 2015).

Geotrichum candidum produce compuestos sulfurados que, al interactuar con las sustancias producidas por *Yarrowia lipolítica,* hace que el nivel de estos compuestos aumente y los aromas se intensifiquen en el producto (Reyes & Franco, 2006).

Estado del arte

El desarrollo alcanzado en las técnicas de aislamiento e identificación de aromas, colorantes y sabores, hace que el área de productos naturales sea la de mayor crecimiento dentro del campo de la química orgánica, mediante la biotecnología, con el uso de microorganismos y sus enzimas como una de las fuentes alternativas para la producción de sabores y fragancias.

Christen, *et al.* (1994) estudiaron la capacidad de *Ceratocystis fimbriata* para generar aromas de diferentes fuentes de carbono y nitrógeno en un cultivo líquido. El medio que dio los mejores resultados sensoriales produjo un fuerte aroma a plátano. Otros aromas, como los de piña, manzana, pera y nueces, fueron obtenidos de otros medios de cultivo. La producción de biomasa y otros metabolitos también fue reportada (Christen, Villegas & Revah, 1994).

Otros estudios hechos por Christen, *et al*. (1997) en salvado de trigo, bagazo de yuca y caña de azúcar demostraron ser sustratos adecuados para el crecimiento y producción de aroma con el uso de *C. fimbriata*. Entre el medio nutritivo probado, el bagazo de caña de azúcar, complementado con un medio sintético que contiene glucosa (200 g/L), dio un aroma a frutas, mientras el medio que contenía leucina o valina daba un fuerte aroma a plátano (Christen, Meza & Revash, 1997).

Christen (1995) muestra que la fermentación de materias primas sólidas ha sido usada, desde los tiempos más remotos, para mejorar la calidad organoléptica de los alimentos. En estos procesos naturales son involucrados microorganismos tan diversos como las bacterias lácticas (verduras, productos lácteos, carne), algunas levaduras (pan) y varios hongos filamentosos (quesos). En este artículo se propone presentar algunos ejemplos del uso de microorganismos para la generación de aromas en medio sólido.

Eso incluye la producción directa en la materia prima, la biosíntesis de moléculas específicas y la bioconversión de precursores en moléculas de alto poder aromatizante. Otro estudio de Christen, *et*

al. (1991) menciona que el hongo *C. fimbriata* es conocido por la producción, entre otros, del aroma a banano y utilizaron un diseño experimental factorial para optimizar un medio de cultivo que produjera las características volátiles de este aroma. El HPLC fue usado para separar y cuantificar algunos de los metabolitos, donde se muestra la influencia de la composición del medio de cultivo (Christen, *et al*., 1995).

Según Schindler, 1982, el ascomiceto *Ceratocystis variospora* es conocido por sintetizar monoterpenos como geraniol, citronelol, linalol y otros. Los terpenoides fueron producidos con un incremento en el rendimiento a partir del aumento de la fuente de carbono. Por este medio la cantidad de terpenoides sintetizados fue considerablemente elevado (Schindler, 1982).

El trabajo realizado por Fabre, *et al*. (1999), aborda la factibilidad de lograr una fermentación extractiva de 2-feniletil alcohol, el aroma a rosas, fermentación unida con *Kluyveromices marxianus* y la extracción con dióxido de carbono supercrítico ($SCCO_2$). Se demostró en este estudio, la viabilidad de recuperación del aroma utilizando dos etapas de despresurización en el flujo de salida del recipiente de extracción, que el 97% del aroma extraído se recuperó y se logró una pureza en masa del 91% (Fabre, Condoret & Marty, 1999).

En Bramorski, *et al.* (1998) se llevaron a cabo fermentaciones en estado sólido para probar la eficacia de *C. fimbriata* para crecer en diferentes sustratos agroindustriales y la producción de aroma. Siete medios se prepararon utilizando bagazo de yuca, pulpa de manzana, el amaranto y la soja. Mientras medio amaranto produce aroma a piña, medios que contienen bagazo de yuca, pulpa de manzana y soja producen un fuerte aroma afrutado. Dieciséis compuestos fueron separados por cromatografía de gases de los componentes presentes y quince de ellos se identificaron como ácido, alcoholes, aldehído, cetonas y ésteres (Bramorski, *et al.*, 1998).

Rozenbaum, *et al.* (2006) estudiaron la habilidad de conversión de compuestos terpénicos por el *Aspergillus niger* IOC-3913. Esta especie fue preseleccionada porque es bastante resistente a sustratos monoterpénicos tóxicos. El microorganismo había crecido en medio que contenía R-limoneno (uno de los hidrocarburos monoterpénicos más baratos, el cual es ampliamente disponible en el mercado). Por esta razón, otros monoterpenos (alfa-pineno, beta-pineno) fueron usados como sustratos. Estos compuestos fueron metabolizados por las cepas seleccionadas, y se produjeron compuestos de oxidación. Como productos de la biotransformación de alfa-pineno y beta-pineno fue posible identificar verbenona y alfa-terpinol (Rozenbaum, Patitucci, Antunes & Pereira, 2006).

El estudio de Bicas y Pastore (2007) reporta el aislamiento de microorganismos, resistentes a ambientes con limoneno, el residuo más importante en la industria cítrica. Las muestras fueron recogidas de lugares estratégicos de plantas de procesamiento de industrias cítricas (aguas amarillas, entradas y salidas de tanques de bagazo, efluentes y frutas deterioradas encontradas en contenedores, correas de máquinas, lavado de frutas y pisos de las plantas); algunos mercados de frutas cítricas y de mentas fueron usadas también. Las muestras fueron incubadas en rotación a 30 °C/150 rpm por 48 horas o 7 días en el medio YM que contenía 0,1% limoneno (Bicas & Pastore, 2007).

La investigación descrita en este artículo es un paso inicial para la exploración de la producción de compuestos de aromas por biotransformación de limoneno, en productos no costosos para la industria de productos cítricos (Bicas & Pastore, 2007) (Uenojo, Marostica & Pastore, 2007).

En Ramos *et al.,* 2008, se estudiaron varios parámetros de cultivo para aumentar la producción de 6-pentil α-pirona (6-PP), por *Trichoderma harzianum* 4040 por fermentación en estado sólido. El polvo de coco verde añadido como nutriente fue usado como material de soporte para la fermentación. Las mejores condiciones de cultivo del experimento estudiado fueron: sacarosa, 3 g; $NaNO_3$, 0,24 g; $(NH4)_2SO_4$, 0,18 g; KH_2PO_4, 0,1 g; concentración de inóculo, 2,2 x 10^6 esporas; nivel de humedad, 55%. La temperatura establecida fue de 28 ºC. Bajo estas condiciones de fermentación seleccionadas, se permitió una producción de 6-PP, 6 veces más alta (5,0 mg/g materia seca) que la inicial (0,8 mg/g materia seca) después de 7 días de incubación (Ramos, Batista & Gomes, 2008).

Kashif, J., *et. al*. (2008), aislaron cepas bacterianas del suelo de plantas de *Ferula galbanum,* empapadas en terpenos, y obtuvieron por tamizaje bacterias con habilidad para transformar β pineno en α pineno. Las características morfológicas y reacciones bioquímicas permitieron identificarla como *Micrococcus sp*. (cepa PIN). El crecimiento óptimo de la bacteria en este estudio se obtuvo con 7 g/L de urea, 30 ºC, 120 rpm, pH 6,5. La óptima conversión de β pineno en α pineno fue obtenida, entonces, con 7 g/L de urea como fuente de nitrógeno (Kashi, Fooladi & Bayat, 2008).

Uenojo y Pastore (2010), trabajaron con carotenoides para aislar sabores y fragancias. Los compuestos aromas derivados de carotenoides son distribuidos de manera amplia en la naturaleza y son precursores de algunos aromas en alimentos, frutas y flores. Estos presentan un alto potencial aromático y, por tanto, han generado un gran interés para las industrias de aromas y fragancias.

El β-pineno fue el principal compuesto producido por los microorganismos CS1 (34,0 mg/ L) y CF9 (42,4 mg/L) a 72 y 24 horas de fermentación, cultivados con y sin pre-inoculación, respectivamente (Uenojo & Pastore, 2010).

Jucoski Bier, *et al*. (2011) utilizaron microorganismos obtenidos de una colección y también aislamientos de una fuente natural de terpeno para ser ensayados. Diecisiete cepas fueron seleccionadas por su resistencia a terpenos en agar PDA que contenía 1% de limoneno o *α*-pineno y *β*-pineno (1:1).

En el estudio realizado, 10 cepas fueron seleccionadas por su capacidad para usar estos terpenos como *única* fuente de carbono en medio mineral. Algunos cultivos produjeron aromas como ascarvona, alcohol perillílico, y otros fueron producidos de las cepas 5, 16, 3a y Y4b (Jucos, Poletto, Soccol & Soccoland, 2011).

El estudio de Gupta, *et al.* (2015), se centra en el potencial de los microorganismos para ser usados como pequeños biofactores para la producción de biosabores y fragancias. Se reporta que los sabores y las fragancias representan más de un cuarto del mercado mundial, y la mayoría de los componentes de los sabores y aromas son producidos a partir de síntesis química, o por extracción de fuentes naturales como plantas y animales. Las fragancias y los perfumes encuentran aplicación en las industrias de alimentos, cosméticos, químicas y farmacéuticas (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Otro de los microorganismos utilizados para la producción de aromas, como el de coco, es el *Trichoderma sp.,* al usar como sustrato el bagazo de caña de azúcar, el cual mostró ser un sustrato adecuado para el crecimiento y la producción de aromas por especies de *Trichoderma*. En el estudio realizado por Mohamed, *et al*. (2015) se evaluó la capacidad del *T. viridae* EMCC-107 para producir

aroma a coco por medio de la fermentación de estado sólido (SSF) mediante el uso de bagazo de caña de azúcar como sustrato.

La lactona no saturada, 6-pentilo-α-pirona (PP-6), fue de los principales compuestos volátiles identificados. También se identificaron lactonas saturadas, octalactona δ, γ-nonalactona, γ-undecalactona, dodecalactona γ y δ-dodecalactona, en el aroma a coco producido durante el periodo de inducción (Kashi, Fooladi & Bayat, 2008), (Mohamed, Mahmoud, Selim & Nazeh, 2015).

En la actualidad se han utilizado en la producción de aromas microorganismos cuya génetica ha sido modificada, como se presenta en Pardo, *et al.* (2015), donde estudiaron la producción de aromas monoterpenos por una *S. cerevisiae* cepa de vino modificada genéticamente con geraniol sintetasa. Los monoterpenos contribuyen de manera importante a producir los aromas de la uva y del vino.

Por otra parte, se ha demostrado que ciertos monoterpenos presentan beneficios para la salud como antimicrobianos, antiinflamatorios, anticancerígenos e hipotensivos, entre otros. La levadura recombinante produjo geraniol en una cantidad de ~ 750 µg/L excediendo la percepción (> 10 veces), y también es una cantidad superior a las cantidades presentes en los vinos obtenidos de uvas moscatel muy aromáticos. Además, el geraniol metaboliza por acción de las enzimas de la levadura monoterpenos y ésteres adicionales: citronelol, linalol, nerol, acetato de citronelilo y acetato de geranilo, resultando en una concentración total de monoterpenos de ~ 1.558 µg/L mayor que la del control (Pardo, Rico, Gil & Orejas, 2015).

Producción de aromas

La producción de diferentes aromas depende de la conversión de aminoácidos en diversos alcoholes, aldehídos, ácidos, ésteres y compuestos de azufre. Estas conversiones dependen de la actividad (secuencial) de una variedad de enzimas citoplásmicas. Una vía de reacción importante para la formación del aroma es la dependiente de aminotransferasas piridoxal-5-fosfato, que se forman como derivados del aminoácido α-cetoácidos. Los α-cetoácidos pueden considerarse como intermedios centrales en formación de vías de sabor y ser convertidos en sus correspondientes aldehídos, alcoholes, ácidos carboxílicos y sus ésteres relacionados (tio) (figura 1), (Smid & Kleerebezem, 2014), (Akacha & Gargouri, 2015).

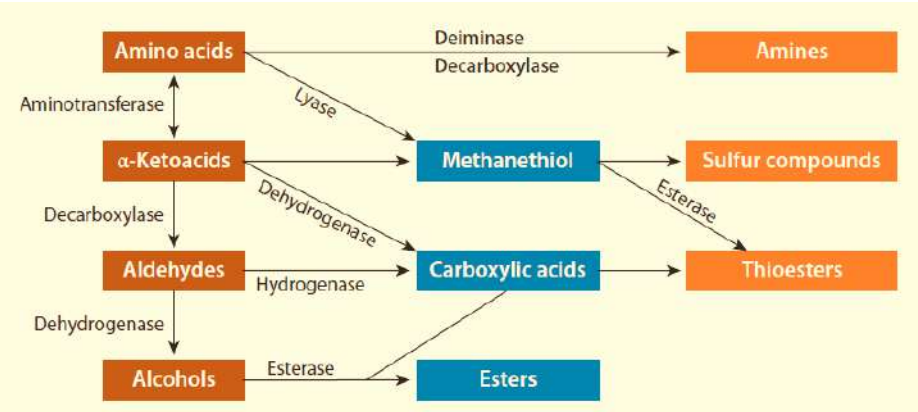


Figura 1. Vías de conversión del aminoácido más importante para la formación del sabor en la fabricación de queso. Se indican las correspondientes clases de enzimas de interconversión y compuestos químicos (Smid & Kleerebezem, 2014).

Alcoholes (etanol): se producen como resultado de las fermentaciones bacterianas, diferentes levaduras también producen alcoholes complejos de cadena larga que poseen propiedades organolépticas únicas. En un estudio, *Saccharomyces cerevisiae* fue inmovilizada en materiales celulósicos delignificados en forma de pellets y gluten. Un alcohol relacionado con aroma importante es 2-feniletanol, que posee un olor parecido al de la rosa.

Por lo general es químicamente sintetizado de sustratos, como tolueno, benceno, estireno o metilfenilacetato. Cepas específicas de levaduras como *S. cerevisiae, Kluyveromyces marxianus* (Morrissey, Etschmann, Schrader, Billerbeck, 2015) (Molina & Gláucia, 2013), *Hansenula anomala* también son capaces de producir compuestos de aroma por bioconversión de fenilalanina de 2 en 2-feniletanol (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Metil cetonas: contribuyen a los sabores de queso y, por tanto, están en gran demanda. La presencia de cetonas de metilo (RCOCH3) primero fue observada en las esporas de moho madurado queso *Penicillium roqueforti* (Christen, Meza & Revash, 1997). El olor característico y sabor del queso maduro es debido a la presencia de cetonas de metilo, particularmente metil cetona de n-pentilo, así como otras cadenas cortas que contribuyen al afrutado especiado a las fragancias. El mecanismo de acción de *P. roqueforti* es que el micelio fúngico convierte las cadenas de ácidos grasos con menos de 14 átomos de carbono (RCH2CH2CO2H) en metil cetonas. En cada reacción, los ácidos son oxidados a metil cetonas con un átomo de carbono menos que el ácido original. Del mismo modo también es posible convertir el aceite vegetal y los triglicéridos a metil cetonas (Longo & Sanromán, 2006).

Diacetil Diacetona (CH3COCOCH3): es un químico de sabor natural que posee un fuerte olor típico de 'mantequilla' y sabor en dilución. Por tanto, es ampliamente utilizado para imitar el sabor mantequilloso a la leche y otros productos lácteos. Diacetilo también se usa en perfumería y en la reconstrucción de los aceites esenciales. Las bacterias mayores productores de diacetilo son *Lactococcus lactis, Lactobacillus sp, Streptococcus thermophilus* y el *Leuconostoc mesenteroides*. Un método para aumentar la producción de diacetilo en bacterias como *S. diactilactis, S. cremoris* y *S. lactis*. ha sido patentado. El uso de humectantes, como glicerol o sacarosa, disminuye la actividad del agua del medio y resulta en una mayor producción de diacetilo. La producción de diacetilo es reforzada por un pH bajo (menos de 5,5), baja temperatura y aireación. Un pH inferior a 5,5 mejora la actividad de la permeasa de ácido cítrico (figura 2) y reduce la actividad de diacetilo reductasa (Longo & Sanromán, 2006).

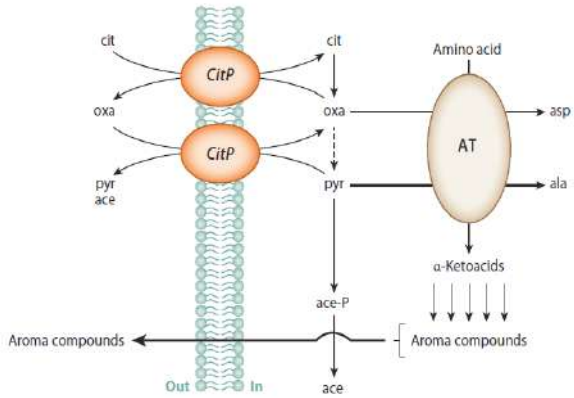


Figura 2. Transaminación de los aminoácidos a partir de citrato y formación de aroma. Abreviaturas: cit, citrato; OXA, oxalacetato; Pyr, piruvato; ASP, aspartato; ala, alanina; ACE, acetato; fosfato de acetilo ACE-P, CitP, permeasa de citrato; AT, aminotransferasa. (Figura adaptada de Pudlik & Lolkema en Smid y Kleerebezem, 2014).

Lactonas: químicamente se definen como ésteres cíclicos del γ- y δ-hidroxi ácidos. Son responsables de diverso gusto y olor aceitoso de melocotón, cremoso, con sabor a fruta, nuez, coco, etc. Varios hongos son capaces de producir lactonas de sustratos, como trioleina, sebo y Tween 80, lecitina, ácido oleico. Un aroma a coco es muy popular como un sabor de alimentos y en química incluyen octalactona γ y γ-nonalactona. Otra lactona con un olor a coco es 6-pentilo-2-pirona, que es producida por el hongo *Trichoderma viridae*.

Otros hongos involucrados incluyen *Tyromyces sambuceus* y *Cladosporium suaveolens,* que generan de forma eficiente las lactonas con sabor a coco g-decalactona y d-dodecalactona de sustratos como ácido ricinoleico y ácido linoleico, respectivamente. El sabor de la leche, mantequilloso y coco, proporcionado por estas lactonas son deseables en productos lácteos y leche. Sin embargo, lactonas son también responsables del sabor rancio de la leche caliente si se utiliza en cantidades excesivas. Algunas levaduras, como *Candida tropicalis* o *Yarrowia lipolytica* poseen la capacidad para degradar ácidos C12, C14 y C16 de ácido ricinoleico y acumular d-decalactona que contribuye al sabor afrutado y untuoso que se usa por lo común en aromas de melocotón, albaricoque y fresas (Longo & Sanromán, 2006).

Ácido *butírico* (CH3CH2CH2CO2H): se produce principalmente por anaerobios obligados pertenecientes a los géneros *Fusarium* sp., *Eubacterium* sp.*, Clostridium* sp. y *Butyri-vibrio*. Se utilizan por lo general en baja concentración para suministro de mantequilla como sabor a diversos alimentos, como queso natural. Sustratos como el butirato de pentilo y derivados proporcionan un olor acre, afrutado, etéreo y fuerte que se asemeja al de pera, piña y plátano. Por tanto, producción microbiana a través del proceso de fermentación es una alternativa atractiva y rentable.

El *Clostridium* sp.*,* especialmente el *C. acetylbutyricum* poseen la capacidad para producir solventes orgánicos, como acetona y butanol, que pueden ser modificados y adaptados para producir el ácido butírico. Las condiciones de cultivo óptimas incluyen mantener el pH del medio por encima de 5,0 para dirigir la fermentación de disolvente y que la formación de ácido butírico sea favorecida (Longo & Sanroman, 2006).

É*steres:* se agregan en general a productos alimenticios, como bebidas, dulces, jaleas, mermeladas, productos horneados, vinos y productos lácteos como la mantequilla cultivada, crema agria, yogur y queso. Varias cepas de bacterias lácticas sintetizan tioésteres y ésteres etílicos. *Lactococcus lactis* poseen la enzima esterasa, que es responsable de la formación de estos compuestos de éster de aroma. Varias levaduras de vino-*Saccharomyces* son también las productoras de éster del acetato. Las levaduras *Hanseniaspora guilliermondii* y *Pichia anomala* son productoras de acetato de 2-feniletilo y de acetato de isoamilo, respectivamente. En la producción de queso, ésteres de etilo o metilo de ácidos grasos de cadena corta contribuyen al sabor afrutado; tioésteres derivados de tioles son asociados con aromas a col o azufre (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

Ácido *isovalérico* [(CH3) 2CHCH2CO2H)]: es responsable del olor ácido-acre, por lo común descrito como 'vestuarios' o 'patas sucias'. Este es uno de los más ofensivos olores en la industria del sabor y la fragancia. El ácido isovalérico se utiliza en general en concentraciones muy diluidas para producir olor agradable y herbáceo. Es bastante usado en su forma de éster en la industria del sabor; por ejemplo, el isovalerato de etilo posee un potente olor afrutado a manzana y se utiliza en numerosos

sabores de frutas, caramelos y gomas de mascar. Además el isopentilo isovalerato tiene un olor a fruta-frambuesa y comúnmente se usa en sabores a manzana y como modificador en numerosos sabores de frutas y nueces. Otra forma de éster isovalerato isobutílico posee olor a manzana-frambuesa y se utiliza en sabores de frutas y en perfumes para labiales (Longo & Sanromán, 2006).

Pirazinas: son compuestos químicos heterocíclicos, que contienen nitrógeno y se producen durante la cocción o asado de alimentos a través de la reacción de Maillard convencional. Esta clase de compuestos de sabor es responsable de un sabor a nuez y asado en los alimentos. Sin embargo, los microondas no favorecen la formación de pirazinas y así las naturales externamente se añaden como aditivos alimenticios para proporcionar un sabor ahumado. Hay algunos microorganismos que sintetizan pirazinas, por ejemplo, bacterias como *C. glutamicum* producen cantidades importantes de tetrametilpirazina de aminoácidos (Longo & Sanromán, 2006).

Geosmina: es responsable de impartir el olor a tierra después de la primera lluvia. Primero fue aislado por los científicos Gerber y Lechevalier y producida por *myxomicetes*, actinomicetes, algas y otros microorganismos. El olor característico de tierra del suelo después de la lluvia es debido a la liberación de geosmina por diversos actinomicetos del suelo. Geosmina es responsable de contaminar suministros de agua que dan olor a agua desagradable, tanto para peces y animales. Geosmina tiene dos propiedades únicas; en primer lugar, su olor es detectable en el agua a una concentración de 0,2 µg / l, puede también ser producido en fermentadores con *Streptomyces griseus* LP-16 en un medio de glucosa-peptona y sal de soya (Longo & Sanromán, 2006).

Vainillina: es un químico de sabor único, que se produce en vainas de vainilla planifolia. Su fórmula química es 4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído. Este sabor es bastante utilizado en alimentos, bebidas, perfumes, productos farmacéuticos y en diversas industrias médicas. Aunque la vainillina puede sintetizarse químicamente, hay una creciente demanda de vainillina natural.

La extracción directa de vainillina de vainas es costoso y limitado, lo cual hace que este compuesto tenga un destino prometedor para la producción biotecnológica del sabor. Vainillina se produce también como un compuesto intermedio en la degradación microbiana de varios sustratos, como ácido ferúlico (Szwajgier, D. & Jakubczy, A., 2010), (Adamu, Iqbal & Chan, 2014), ácido vanílico (figura 3) y estilbenos fenólicos, lignina, eugenol, isoeugenol. Varias cepas bacterianas y fúngicas de *Pseudomonas putida, Aspergillus niger, C. glutamicum, Corynebacterium sp., Arthrobacter globiformis* y *Serratia marcescens* son capaces de conversión natural del eugenol y el isoeugenol de aceites esenciales en vainillina (Gupta, Prakash & Gupta, 2015), (Mabinya, Mafunga, Morgan & Brand, 2006) y biovainillina (Converti, Alikbarian, Domínguez, Bustos & Perego, 2010).

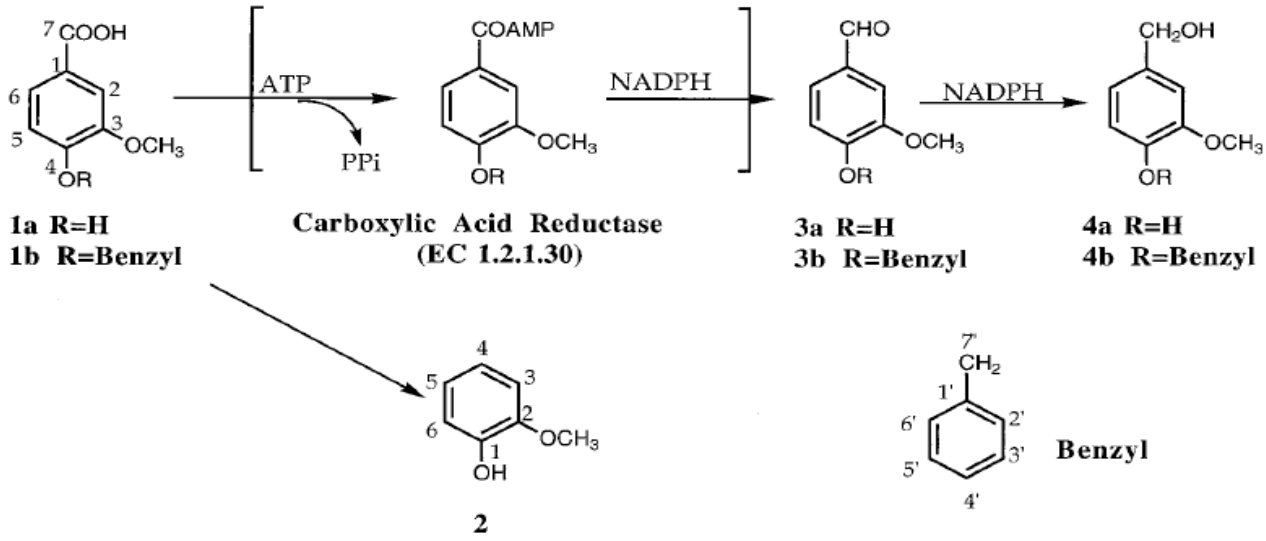


Figura 3. Vías de transformación enzimática a ácido vanílico y ácido orto-bencil vanílico por una cepa de *Nocardia* sp. (Li & Rosazza, 2000).

Benzaldehído: se extrae naturalmente de granos de frutas, como albaricoques, e imparte un sabor similar a la cereza. Esta extracción también conduce a una formación de tóxico ácido cianhídrico, que es indeseable. Un método alternativo de extracción es la fermentación microbiana sin producir ningún subproducto nocivo. Sin embargo, la producción de benzaldehído es tóxico para el metabolismo microbiano, y su acumulación en el medio de cultivo inhibe el crecimiento celular. Así, solo unos pocos microorganismos, como *Pseudomonas putida* y hongos *Trametes suaveolens, Polyporus tuberaster, Bjerkandera adusta* y *Phanerochaete chrysosporium* pueden utilizarse como productores de benzaldehído. Están involucrados en la biosíntesis del benzaldehído de fenilalanina (Longo & San-román, 2006).

Terpenos: son comunes en la naturaleza y se encuentran principalmente en las plantas, como componentes de aceites esenciales. Los comunes son linalol, nerol, geraniol y citronelol, y tienen más sabor activo debido a su bajo umbral sensorial. Investigaciones han demostrado que aromas y fragancias también pueden ser creadas por oxidación microbiana de monoterpenos. Terpenos son, en general, producidos por hongos que pertenecen a los *Ascomycetes* de grupo y basidiomicetos. El hongo *C. moniliformis* crea varios productos de aroma, como acetato de etilo, acetato de propilo, acetato de isobutilo, acetato de isoamilo, citronelol y geraniol (Gupta, Prakash & Gupta, 2015), (Pardo, Rico, Gil & Orejas, 2015).

Muchos microorganismos tienen una capacidad para romper los terpenos y llevar a cabo conversiones específicas, lo que origina valor agregado a los productos. Algunas de las enzimas implicadas en la biosíntesis del terpeno han sido secuenciadas, por ejemplo, monoterpeno sintetasa (aislada de la albahaca dulce), es una enzima clave involucrada en la producción de geraniol y se ha secuenciado para producir recombinante sintetasa geraniol. Además, otro geraniol sintetasa fue reproducido del árbol de alcanfor, *Cinnamomum tenuipilum,* y fue expresada en *E. coli*.

La genómica funcional se utilizó para identificar los genes para el monoterpeno sintetasa de *Vitis vinifera* (uvas) para caracterizar las enzimas por expresión en *E. coli* y posterior análisis. Hay algunos

microorganismos que pueden ser modificados metabólicamente para realizar conversiones específicas de sustratos de bajo valor comercial. *Aspergillus níger* IOC-3913 tiene una capacidad para producir compuestos de sabor a través de la oxidación de compuestos terpénicos y monoterpénicos (De Oliveira, *et al*., 2013). Esta especie es bastante resistente a los sustratos tóxicos monoterpénicos (Gupta, Prakash & Gupta, 2015).

En conclusión, las intervenciones biotecnológicas ofrecen ventajas significantes en relación con la tradicional extracción de plantas, como alta especificidad del producto, producción todo el año y el uso de materiales alternativos como residuos agroindustriales como sustratos para el cultivo de estos microorganismos. La producción industrial de aromas corresponde al 25% de todo el mercado mundial de aditivos alimentarios. El incremento en la demanda para estos compuestos, especialmente de origen natural, en las diferentes industrias, hace que sea de interés la producción de fragancias y aromas a partir de microorganismos como las bacterias, levaduras y hongos filamentosos al aprovechar las diferentes rutas metabólicas.

Referencias bibliográficas

Adamu, H. A., Iqbal, S. & Chan, K. W. (2014). Ismail, M. Biotransformation of ferulic acid to 4-vinyl guaiacol by Lactobacillus farciminis. *African Journal Biotechnology*, *11* (5): 1177-1184.

Akacha, N. B. & Gargouri, M. (2015). Microbial and enzymatic technologies used for the production of natural aroma compounds: synthesis, recovery modeling, and bioprocesses. *Food and Bioproducts Processing, 94*: 675-706.

Bicas, J. L. & Pastore, G. M. (2007). Isolation and screening of d-limonene-resistant microorganisms. *Brazilian Journal of Microbiology, 38*: 563-567.

Bramorski, A., Soccol, C. R., Christein, P. & Revah, S. (1998). Fruity aroma production by Ceratocystis fimbriata in solidtures from agroindustrial wastes. *Revista de Microbiología, 28*: 208-212.

Christen, P., Villegas, E. & Revah, S. (1994). Growth and aroma production by *Ceratocystis fimbriata* in various fermentation media. *Biotecnology Letters*, *16* (11): 1183-1188.

Christen, P., Meza, J. C. & Revash, S. (1997). Fruity aroma production in solid state fermentation by *Ceratocystis fimbriata*: influence of the substrate type and the presence of precursors. *Mycol. Res., 101* (8): 911-919.

Christen, P., Raimbault, M., Meza, J. C., Villegas, E. & Revah, S. (1995). Production of fruit-like flavours by the fungus *Ceratocystis fimbriata*. In *Bioflavor, 95*: 279-282. France: INRA Editions.

Converti, A., Alikbarian, B., Domínguez, J. M., Bustos, G. & Perego, P. (2010). Microbial production of biovanillin. *Brazilian Journal of Microbiology, 41* (3): 519-530.

De Oliveira, S. M. M., Gomes, S. D., Sene, L., Machado, S. R., Coelho, A. C. B., Cereda, M. P., ... & Piechontcoski, J. (2013). Production of 2-phenylethanol by Geotrichum fragrans, Saccharomyces cerevisiae and Kluyveromyces marxianus in cassava wastewater. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *11* (2): 158-163.

Fabre, C. E., Condoret, J. & Marty, A. (1999). Extractive fermentation of aroma with supercritical CO2. *Biotechnology and Bioengineenring, 64*: 392-400.

Gupta, C., Prakash, D. & Gupta, S. A. (2015). Biotechnological approach to microbial based perfumes and flavours. doi: 10.15406/ jmen.2015.01.00034

Jucos, K. M. C., Poletto, S., Soccol, V. & Soccoland, R. (2011). Pedronimedeiros A. Isolation and screening of microorganisms with potential for biotransformation of terpenic substrates. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *54* (5): 1019-1026.

Kashi, F. J., Fooladi, J. & Bayat, M. (2008). The use of biotechnology for the production of flavor and fragrance, *Biotechnology, 7* (2): 194-199.

Li, T. & Rosazza, J. P. (2000). Biocatalytic synthesis of vanillin. *Applied and Environmental Microbiology, 66* (2): 684-687.

Longo, M. & Sanroman, M. (2006). Production of food aroma compounds. *Food Technol. Biotechnology, 44* (3): 335-353.

Mabinya, L. V., Mafunga, T., Morgan Brand, J. (2006). Determination of ferulic acid and related compounds by thin layer chromatography. *African Journal of Biotechnology, 5* (13): 1271-1273.

Mohamed, H. F., Mahmoud, M. G., Selim, A. M. M. & Nazeh, L. S. (2015). Characterization and evaluation of coconut aroma produced by *Trichoderma viride* EMCC-107 in solid state fermentation on sugarcane bagasse. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18: 5-9.

Molina, Gustavo & Gláucia, M. P. (2013). Biotransformation of monoterpenes by endophytes isolated from Brazilian fruits. *Int Proc Chem Biol Environ Eng*, *50*: 59-63.

Morrissey, J. P., Etschmann, M. M., Schrader, J. & Billerbeck, G. M. (2015). Cell factory applications of the yeast Kluyveromyces marxianus for the biotechnological production of natural flavour and fragrance molecules. *Yeast*, *32* (1): 3-16.

Nigam, P., Singh-Nee, Pandey, A. (2009). Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation. Editors Poonam Singh-Nee Nigam. University of Ulster. Faculty of Life & Health Sciences Coleraine. Northern Ireland United Kingdom. BT52 1SA, 462 p.

Pardo, E., Rico, J., Gil, J. V. & Orejas, M. (2015). De novo production of six key grape aroma monoterpenes by a geraniol synthase-engineered *S. cerevisiae* wine strain. *Microb Cell Fact, 14* (136): 1-8.

Procolombia. Recuperado de: http://www.procolombia.co/noticias/colombia-tras-el-mercado-mundial-de-cosméticos-y-productos-de-aseo

Ramos, A. S., Batista, F. S. & Gomes, F. S. (2008). Production of 6-pentyl-α-pyrone by trichoderma harzianum in solid-state fermentation. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39: 712-717.

Reyes, G. & Franco, C. M. (2006). Producción biotecnológica de sabores, pigmentos y aromas a partir de hongos miceliales y levaduras. *Universitas Scientiarum*, *Revista de la Facultad de Ciencias, 11* (2): 23-30.

Rozenbaum, H. F., Patitucci, M. L., Antunes, O. A. C. & Pereira, N., Jr. (2006). Production of aromas and fragrances through microbial oxidation of monoterpenes. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, *23* (03): 273-279.

Schindler, J. (1982). Terpenoids by microbial fermentation. *Industrial Engineering Chemical Production Research Development, 21*: 537-539.

Smid, J. & Kleerebezem, M. (2014). Production of Aroma Compounds in Lactic Fermentations. *The Annual Review of Food Science and Technology, 5*: 313-26.

Szwajgier, D. & Jakubczy, A. (2010). Biotransformation of ferulic acid by Lactobacillus acidophilus K1 and selectec Bifidobacterium strains. *Acta Scientiarum Polonorum. Tecnología Alimentaria*, *9* (1): 45-59.

Uenojo, M. & Pastore, M. G. (2010). β-carotene biotransformation to obtain aroma compounds. Ciência e Tecnologia de Alimentos. *Campinas, 30* (3): 822-827.

Uenojo, M., Marostica, J. M. R. & Pastore, G. M. (2007). Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. *Química Nova, 30* (2): 616-622.

CAPÍTULO 8.

ESTADO DEL ARTE DE LA CONTRIBUCIÓN A LA PAZ DEL COOPERATIVISMO AGROPECUARIO EN EL POSCONFLICTO EN NICARAGUA, EL SALVADOR Y GUATEMALA

Rubén Darío Páez Sánchez
Hernán Rodríguez Coy

Aproximación conceptual al cooperativismo agropecuario

El cooperativismo es una doctrina económica y social que, democráticamente, organiza la producción, distribución y consumo de la riqueza. Según López y Mora (2012), las cooperativas, como modelo empresarial asociativo, han contribuido al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, al reducir la pobreza, generar empleo y organizar a las comunidades en donde actúan; han recuperado el tejido social, apoyado la gobernabilidad y fortalecido la democracia participativa, al eliminar la exclusión y la diferencia. Y, como lo afirmara Valderrama (1952), toda cooperativa busca la emancipación económica de sus asociados, al poner el capital al servicio de las necesidades humanas, educar en sus afiliados el significado de la solidaridad, la ayuda mutua, el trabajo colaborativo, y estimular a la gente a resolver sus propios problemas (McGrath, 2007).

Las cooperativas son empresas asociativas sin ánimo de lucro, en las que los trabajadores o usuarios son sus aportantes (inversionistas) y gestores (administradores); creadas con el objeto de producir o distribuir, conjunta y eficientemente, bienes o servicios para satisfacer las necesidades de sus asociados y la comunidad (Art. 4 de la Ley 79 de 1988). Propenden por dignificar al ser humano sobre el capital; actúan en función de la responsabilidad social y ambiental.

Para la FAO (2012), una cooperativa es una asociación autónoma de personas, agrupadas de forma voluntaria para satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales, que hacen aportaciones de capital, asumen riesgos y beneficios, y participan en su gestión y control democrático.

Así, una cooperativa agropecuaria es una empresa asociativa, con personería jurídica, que integra a campesinos (o ganaderos) para producir, almacenar, transformar, distribuir, transportar y comercializar los productos del campo, eficiente y eficazmente a precio justo, para su sostenibilidad y mejorar sus condiciones de vida. Para McGrath (2007), brindan a sus afiliados:

1. Control sobre el mercado de sus productos.
2. Mejora en sus ingresos al suprimir intermediarios.
3. Capacitación en gestión de sus organizaciones solidarias.
4. Incentiva al campesino para que no abandone su tierra.
5. Brinda asistencia técnica para mejorar sus cultivos o ganados.

Para Salidas (2007), los tipos de cooperativas agropecuarias varían según las necesidades e intereses de sus asociados al constituirlas. Las hay de:

- Servicios: asistencia técnica, educación.
- Trabajo asociado (CTA), que agrupa a trabajadores del campo.
- Producción, que explotan en común la tierra: comunal, arrendada o individual.
- Transformación (agroindustrial): procesan y dan valor agregado.
- Pecuaria: de carne, leche y sus derivados (industrial).
- Pesquera.
- Forestal.
- Comercializadora.
- De transporte.
- Integral: une la cadena de valor hasta el consumidor, sin intermediarios.
- De provisión agrícola: almacenes de insumos, suministros, abonos, etc.
- De arrendamiento o *leasing* de maquinaria, equipos y repuestos.
- De crédito: cajas mutuales rurales y de ahorro y crédito agropecuario.

Cooperativismo agropecuario en la posguerra en Europa occidental

A finales del siglo XIX, las agresivas fuerzas del mercado presionaron al campesinado norteamericano y europeo a asumir el control de los insumos agrícolas (abonos, semillas y ganado), la comercialización y procesamiento de los alimentos para satisfacer la demanda; y, dado el riesgo de la actividad, se organizaron para obtener recursos financieros para su actividad, y evitar ser víctimas de los banqueros y agiotistas. Conformaron cooperativas que les proveían recursos financieros, los capacitaban, les brindan asistencia técnica y provisión agrícola (Birshall, 2005).

Las primeras experiencias cooperativas rurales de mercadeo y procesamiento (hoy agroindustriales) se dieron a finales de la década de 1820 en Estados Unidos, las de suministros en Suiza y las de crédito agrario en Alemania en la década de 1860 (Arango, 2004).

Las cooperativas agropecuarias (agroalimentarias) europeas, afirman Julià-Igual & Meliá (2008), han tenido un papel protagónico en lo económico y social, por su contribución al progreso del campo, la provisión de alimentos y ser fuente de materias primas de alta calidad para las industria alimentaria. Participaron activamente en la reconstrucción de la economía agraria luego de las grandes guerras y conflictos subregionales del siglo XX, con la organización de las comunidades, al brindar

empleo, ingresos estables y productos económicos y de calidad para suplir la hambruna que azotó a las regiones europeas en el posconflicto.

El cooperativismo agroalimentario de la Unión Europea y el norteamericano representan el grado más alto de evolución empresarial solidario, al dominar el mercado. En Dinamarca, el 90% de las actividades rurales son realizadas por cooperativas; en Francia controlan el 60% del mercado del vino. El cuanto al mercado de la leche y sus derivados, el cooperativismo controla el 52% en Francia, 72% en Eslovenia, 80% en Bélgica, 75% en Países Bajos, 90% en Reino Unido y 99% en Noruega; en el mercado de la carne porcina escandinavo el 96% lo manejan las cooperativas. En Suecia, además, controlan el 32% de la industria agroalimentaria; en España el mercado de oliva, leche y frutales es controlado en un 52% por el sector cooperado (Birshall, 2005).

Tabla 1. Participación en la comercialización agropecuaria de las cooperativas en la Unión Europea

País	Participación %
Reino Unido / Polonia / Estonia / Letonia / Luxemburgo / Grecia	0 - 25
España / Portugal / Italia / Rep. Checa / Alemania / Bélgica / Lituania	25 - 50
Irlanda / Francia / Austria / Eslovaquia / Hungría / Suecia / Finlandia / Dinamarca / Países Bajos	+ 50

Fuente: autores, basados en Bijman (2013).

En la tabla 1 se observa la importancia que el cooperativismo tiene en la economía agraria de la U. E., y en la tabla 2 se presenta la presencia de estas organizaciones asociativas en algunos de los productos más significativos del campo: (Bijman, 2013).

Tabla 2. Participación de las cooperativas agroalimentarias en el mercado por productos en la Unión Europea

Producto	Participación %
Aceitunas	35
Vino	40
Cereales	32
Carne porcina	28
Azúcar remolacha	27
Lácteos	56
Frutas y hortalizas	41
Promedio total	39

Fuente: autores, basados en Bijman (2013).

En la tabla 3 se puede ver la dominante participación del cooperativismo en los subsectores lácteo, hortofrutícola y cerealero del mercado europeo (Bijman, 2013).

Tabla 3. Participación en el mercado de tres subsectores en países de la Unión Europea (2010)

País	Lácteos %	Frutas y hortalizas %	Cereales %
Austria	95	50	70
Bélgica	66	83	-
Dinamarca	96	50	-
Finlandia	97	40	49
Francia	55	35	74
Alemania	65	40	50
Irlanda	99	-	-
Italia	42	50	27
Países Bajos	90	95	55
España	40	50	35
Suecia	100	70	-

Fuente: autores, basados en Bijman (2013).

En la Eurozona, el cooperativismo agropecuario ha ido de la mano con el progreso económico de los productores del campo y se ha constituido en un poderoso emporio empresarial corporativo, que compite en igualdad de condiciones con las corporaciones privadas.

Los conflictos armados de baja intensidad en Centroamérica

Durante el siglo XX, Nicaragua, Guatemala y El Salvador padecieron una crítica situación política, económica y social, con gobiernos corruptos que defendían los intereses económicos de familias privilegiadas, como Somoza, Cristiani, Chamorro, Cerezo, y de compañías extranjeras, como la United Fruit Co., que, apoyadas por el Ejército y la Policía, preservaron el poder del Estado, y condenaron a la población a la extrema pobreza, la exclusión y el racismo (Chermick, 1998).

Los fenómenos sociales, culturales, económicos y políticos que dieron origen a los conflictos armados en estas tres naciones, que prevalecieron y se agudizaron entre las décadas de 1960 a 1990 fueron, entre otros:

- Extrema pobreza de la mayoría de la población del campo y la ciudad.
- Concentración de la propiedad de la tierra en pocas familias.
- Agudo desempleo y subempleo.
- Ausencia del Estado, falta de institucionalidad.
- Deficientes servicios públicos.
- Lamentable estado de la educación pública.

- Analfabetismo (etnias indígenas y afrodescendientes) y bajos niveles de educación (mestizos).
- Falta de infraestructura y saneamiento básico en los territorios.
- Racismo (en Guatemala) y exclusión social.
- Discriminación de género.
- Exclusión económica (acceso a fuentes de financiación).
- Exclusión y represión política.
- Persecución sindical y restricción a las libertades.
- Restricción a los derechos civiles.
- Autoritarismo, tiranía (Nicaragua y El Salvador) y militarismo (Guatemala).
- Corrupción en la administración pública.
- Paramilitarismo y grupos de limpieza social.
- Alta inflación y devaluación de las monedas.
- Desproporcionado endeudamiento externo y fuga de capitales.
- Influencia de ideología marxista de Cuba y la URSS.
- Apoyo logístico (armamento) y entrenamiento militar de asesores cubanos y de la "Cortina de Hierro".
- Triunfo de la Revolución Cubana y campaña anticomunista de EE. UU.
- Guerra Fría (enfrentamiento entre EE. UU. y URSS por la hegemonía mundial).

Quienes promovieron el alzamiento armado fueron los pueblos indígenas (en Guatemala) y los campesinos sin tierra (Nicaragua y El Salvador) que, agobiados por el hambre, encontraron apoyo en los líderes sindicales y académicos de izquierda, que los organizaron y aleccionaron para enfrentar a las fuerzas del Estado, en demanda de tierra, trabajo, crédito, apertura de mercados, precios justos, buenos salarios, salud, educación, saneamiento básico, vías de acceso y medios de transporte adecuados (Chermick, 1998).

El inconformismo popular, unido a la intransigencia de la clase dominante, apoyada por el Ejército y la Policía que recibían asistencia técnica, financiera e ideológica de Estados Unidos, profundizó las diferencias y condujo finalmente a conflictos armados y guerra de guerrillas que se extendió por todo el territorio de los tres países.

El conflicto local se expandió a toda la región y se fortaleció debido a la consolidación de fuertes estructuras guerrilleras: en Nicaragua, el Movimiento Sandinista de Liberación Nacional (MSLN); en El Salvador el Frente Farabundo Martí de Liberación Nacional (FMLN) y en Guatemala, la Unidad Revolucionaria Nacional de Guatemala (URNG).

Las consecuencias de estos conflictos armados fueron, entre otras:

- La ruina de la economía popular agraria y del incipiente cooperativismo agrario de la región.
- Desplazamiento del campesinado, víctima de la violencia.
- Violación de los derechos humanos.
- Empeoramiento de las condiciones de vida de la población en general.
- Destrucción del tejido social y de los capitales humano y social.
- Agudización del desempleo.
- Inmigración exponencial hacia el extranjero (especialmente hacia EE. UU.).
- Fuga de capitales.
- Incremento exponencial de la inseguridad en el campo y la ciudad.

Los acuerdos de paz y el fin del conflicto

Con los acuerdos promovidos por la comunidad internacional para alcanzar la paz en Centroamérica, como estrategia regional, Esquipulas I, Esquipulas II y Esquipulas III, en las décadas de los ochenta y noventa del siglo XX, Centroamérica alcanzó el cese al fuego, primero en Nicaragua y luego en El Salvador, con el Acuerdo de Chapultepec (México), y el Acuerdo de Oslo, que terminó el conflicto armado en Guatemala, que duró más de 30 años.

En Nicaragua, el MSLN obtuvo el triunfo y, en 1979, con el derrocamiento del dictador Anastasio Somoza, implanta un gobierno socialista, que resultaría en una continuación del conflicto, esta vez enfrentado a la 'contra', grupos de extrema derecha armados por Estados Unidos, que buscaron la caída del régimen sandinista para erradicar la influencia del régimen cubano y de la URSS. En la década del noventa, el sandinismo retoma el poder por la vía democrática (Cortés, 2014).

Para El Salvador, el 16 de enero de 1992 se firmó en México el Acuerdo de Paz de Chapultepec, entre el gobierno de Alfredo Cristiani y el Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN), que puso fin a 12 años de guerra civil y dejó 75.000 víctimas.

La guerra civil de Guatemala fue un conflicto bélico de larga duración, desde 1960 y que finalizó el 29 de diciembre de 1996, siendo presidente Álvaro Arzú, con la firma del acuerdo de paz, firme y duradero, con la Unidad Revolucionaria Nacional Guatemalteca.

La reforma agraria y el cooperativismo en los acuerdos de paz

Un factor común en los tres países objeto de estudio, fue la tenencia de la tierra, motivo de conflicto y escenario de las acciones bélicas. En los acuerdos de paz, fue el eje económico para resolver el conflicto, dado que Nicaragua, El Salvador y Guatemala sustentan su economía en la explotación del

campo. En la tabla 4 se observa la forma de distribución de la tierra, por tamaño de propiedad, para 1980. La reforma agraria impuesta por el sandinismo implicó una redistribución de tierras y, por ello, de los minifundios, a diferencia de El Salvador y Guatemala, que representaban tan solo el 4,72% del número de propiedades con menos de una hectárea (ha) de explotación agrícola. En El Salvador y Guatemala, las microparcelas tenían una mayor participación en cuanto al número de propiedades: 47,08% y 31,36%, respectivamente.

Tabla 4. Distribución de la tierra en Centroamérica en 1980 (número de fincas), en porcentaje

Tamaño de la explotación	Nicaragua %	El Salvador %	Guatemala %
Microfincas (-1 ha)	4,72	47,08	31,36
Pequeñas fincas (1-10 ha)	38,57	37,01	56,70
Fincas medianas (10-50 ha)	33,08	12,47	9,30
Fincas grandes (50-500 ha)	22,62	3,30	2,46
Macrofincas (+ 500 ha)	1,00	0,14	0,90

Fuente: autores, con base en FAO (2012).

En la tabla 5 se observa la distribución de la superficie territorial para cultivo, según tamaño de las propiedades. Se aprecia cómo la concentración de la tierra en los grandes hacendados (que poseen más de 50 ha), y los terratenientes, con más de 500 ha, cuenta con el 21% del territorio de cultivo, desproporcionado si se tiene en cuenta que ellos apenas representan el 0,9% de los propietarios, en tanto que los minifundistas, que en promedio constituyen del 31 al 47% en El Salvador y Guatemala, apenas sí poseen un poco más del 1% del territorio agrícola.

Tabla 5. Distribución de la tierra en Centroamérica en 1980 (extensión), en porcentaje

Tamaño de la explotación	Nicaragua %	El Salvador %	Guatemala %
Microfincas (-1 ha)	0,48	1,08	1,33
Pequeñas fincas (1-10 ha)	3,36	10,01	14,91
Fincas medianas (10-50 ha)	16,97	15,47	18,68
Fincas grandes (50-500 ha)	57,87	53,30	43,48
Macrofincas (+ 500 ha)	21,78	20,14	21,61

Fuente: autores, según datos de FAO (2012).

La tabla 6 presenta la participación del empleo rural respecto del total nacional de la PEA al 2005, donde destaca la importante contribución que para la economía reporta el campo, al proveer un porcentaje cercano al 40% de la PEA en Guatemala, Honduras y Nicaragua, países cuya fuente de ingresos externos proviene de la exportación de productos del campo: café, banano, hortalizas y frutales (Confras, 2009).

Tabla 6. El empleo rural para 2005 en Centroamérica

País	Mujeres %	Hombres %	Nacional %
Costa Rica	5	21	15
El Salvador	3	30	19
Guatemala	18	50	39
Honduras	13	51	39
Nicaragua	40	41	31

Fuente: Confras (2009).

Contribución del cooperativismo agropecuario a la paz en el posconflicto centroamericano

a. *Guatemala*

El cooperativismo en Guatemala surge en 1903 por decreto constitucional, que señalaba la necesidad e interés de incentivar esta forma de organizaciones socio-empresariales. En 1944 el Estado se compromete a promover el modelo y, en 1956, se crea gran número de cooperativas agrarias, pero por la violencia muchas de estas fueron liquidadas y sus líderes perseguidos por comunistas. A partir de entonces, y hasta la firma de los acuerdos de paz, el cooperativismo en Guatemala padeció bajo los gobiernos dictatoriales una fuerte presión que limitó su desarrollo (Confecoop, 2010).

En 1977 se creó la Confederación Guatemalteca de Federaciones Cooperativas (Confecoop) (2010), que integra 11 a federaciones. Las cooperativistas constituyen el 24% de la población total y el 9,2% de la PEA. Las cooperativas agrícolas están presentes en toda la geografía nacional, siendo su principal actividad la de comercialización de productos y suministros agrícolas, de intermediación financiera y de asistencia técnica. La participación de los asociados frente en la PEA agrícola es del 22%. Caracterizan las explotaciones agrarias cooperadas:

- Ser minifundios con bajos niveles de mercadeo de sus productos.
- Técnicas de producción con baja tecnología.
- Producción de alimentos basados en maíz, trigo y hortalizas.
- Bajos niveles de mecanización.
- Limitado acceso al crédito.
- Precarios niveles de capacitación.
- Ausencia de técnicas administrativas y de comercialización en las explotaciones y las organizaciones cooperativas.
- Gran presencia de las culturas indígenas mayas.

- Escasos conocimientos sobre cooperativismo.
- Solo las cooperativas cafeteras destacan por sus niveles de tecnificación en el campo, la administración y comercialización.

El cooperativismo guatemalteco participa en el proceso de paz en el posconflicto integralmente, hace parte de instituciones estratégicas de la sociedad y también en la creación y operación de consorcios empresariales. Su presencia es vital en el desarrollo económico y social (Confecoop, Fedecoag, 2010).

Política pública y el fomento al cooperativismo agropecuario

En la agenda de los acuerdos de paz entre el Gobierno de Guatemala y la URNG en 1996, la reforma agraria fue el eje de las discusiones en torno al modelo de desarrollo económico a implementar. Dado el carácter social reivindicatorio del grupo guerrillero, según López y Mora (2012), esta debía propender por:

- El desarrollo integral del campo.
- Reintegración de tierras a los desplazados.
- Repartición de tierras nacionales a las comunidades afectadas por la violencia.
- Generación de empleo digno y estable para el trabajador campesino.
- Reivindicación de los derechos y dignidades de las comunidades indígenas.
- Política nutricional y alimentaria que garantice el desarrollo de los niños.
- Protección y apoyo al trabajo de la mujer en igualdad de condiciones que el hombre.
- Fomento y promoción del modelo cooperativo para los proyectos productivos.
- Apoyo y protección a la producción nacional alimentaria.
- Apoyo a la comercialización de los productos agropecuarios.

A diferencia de la visión empresarial privada, como lo sostienen Confecoop y Confecoag (2010), la perspectiva cooperativista guatemalteca parte del ser humano como objeto y fin de toda actividad, y su aporte al posconflicto fue recuperar el tejido social, basada en valores como la ayuda mutua, la responsabilidad social empresarial, la igualdad que erradica la discriminación y diferencia, la equidad redistributiva y la solidaridad que hermana a los individuos, y en principios la adhesión libre y voluntaria, el control y gestión democrático, la participación económica, la autonomía e independencia, la cooperación entre cooperativas y el interés por la comunidad. El cooperativismo ha promovido la educación y formación en autogestión de sus afiliados, organizado a las comunidades, fomentado la participación de mujeres y jóvenes en la dirección de las organizaciones, y el compromiso con la co-

munidad intercultural. Según Confecoop (2010), las cooperativas agropecuarias hacen parte activa de los programas nacionales de alimentación, de manejo y conservación de suelos, reforestación y protección de fuentes de agua.

En el cuidado del medioambiente, según Confecoop y Fedecoag (2014), las cooperativas agropecuarias se han comprometido a realizar prácticas de buen manejo ambiental para preservar el bosque, el agua y el suelo, siendo las mayores usuarias del Programa de Incentivos Forestales. La producción, industrialización, distribución y mercadeo se realiza en cultivos que cuidan la naturaleza, en armonía con los intereses de las comunidades y el manejo de los desechos, residuos sólidos y el tratamiento de aguas se hace con criterios técnicos. El sector cooperativo contribuye con el abastecimiento de consumo de la canasta básica y la producción agropecuaria para el consumo interno y las exportaciones, entre estos lo siguientes productos.

Casos exitosos de cooperativas agropecuarias guatemaltecas

Según Castañeda y Sigüenza (2013), las cooperativas del agro guatemalteco tienen una activa presencia en el PIB agropecuario y en el volumen exportado. Entre los casos más destacados están:

1. *Cooperativa Rey Quinche*: cooperativa de base que ha generado empleo e ingreso sostenible en la zona más pobre del país, bajo la dirección de mujeres.
2. *Cooperativa Cuatro Pinos*: localizada en la comunidad de San Lucas Sacatepéquez, cuenta con 1.694 socios; sus asociados y trabajadores perciben ingresos superiores al promedio de las comunidades rurales guatemaltecas; su actividad principal es la exportación de hortalizas frescas hacia Estados Unidos y Canadá; ha contado con el apoyo del gobierno suizo y con un personal técnico y directivo profesional.
3. *Cooperativa Magdalena*: tiene 349 asociados, y está ubicada en Sacatepéquez; produce y exporta hortalizas.
4. *Cooperata Renacimiento 59:* esta cooperativa se dedica al beneficiado del café; cuenta con 141 asociados, y está ubicada en Jutiapa, colindante con El Salvador.
5. *Cooperativa Chelaj*: se dedica a la industrialización y comercialización de derivados lácteos en Quetzaltenango. Cuenta con 84 asociados y más de 1.000 productores que entregan leche a la cooperativa.

b. *El Salvador*

El cooperativismo en El Salvador nace en 1904, con la expedición del Código de Comercio, que trata sobre las sociedades cooperativas. En la década del cincuenta el Estado, la Iglesia católica y los sindicatos dieron impulso al movimiento cooperativo. En la década del sesenta, en el marco de la Alianza para el Progreso, se inicia la reforma agraria que fomenta el desarrollo del campo a partir de cooperativas agrarias. Así, en 1969 se crea el Instituto Salvadoreño de Fomento Cooperativo (Insafo-

coop) y nacen la Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria Integrada (Acopai) y la Federación de Asociaciones Agropecuarias de El Salvador (Fedecoopades).

En 1979 se forma la Junta Revolucionaria de Gobierno, que impulsa al cooperativismo agropecuario. Se crearon muchas cooperativas que generaron empleo en el campo, que para el siglo XXI representa el 7% de la PEA y el 14% de la PEA agrícola. Sin embargo, su posicionamiento como alternativa de desarrollo económico y social se ha visto fuertemente impedida por el conflicto armado y por los ulteriores gobiernos sucedidos a los acuerdos de paz, que han descuidado al sector solidario.

En El Salvador las cooperativas agrarias están inscritas en el Departamento de Asociaciones Cooperativas (DAA), del Ministerio de Agricultura, y en el Instituto Salvadoreño de Fomento Cooperativo (Insafocoop). En la tabla 7 se aprecia la composición del cooperativismo salvadoreño en el año 2009.

Tabla 7. Cooperativas por federación, de 1998, 2004 y 2009 en El Salvador

Federaciones / Asociación	**1998**	**2004**	**2009**	**VAR. %**
1. ASID	15	10	13	-13
2. Fecanm	11	10	11	0
3. Fecora (Fecorapcen)	21	14	12	-43
4. Fecoracen	26	18	13	-50
5. Fecorao	47	30	25	-47
6. Fecorasal	25	24	13	-48
7. Fenacoa	34	25	20	-41
8. CCS	13	0	0	-100
Total cooperativas	192	131	107	

Fuente: Confras (2009).

De 1998 a 2008, en las federaciones disminuyó la membresía entre un 41 y 50%, por el escaso apoyo institucional que, a partir del posconflicto, tuvieron las cooperativas.

Estas trabajan en seis rubros productivos: café, caña de azúcar, frutales, ganadería, granos básicos y acuicultura. La mayoría de los cultivos se realizan en forma individual, en parcelas propias. Los cultivos de café y caña, en gran parte son propiedad cooperativa. Una parte considerable de tierra cultivada (60%) está orientada a los granos básicos (maíz, fríjol y maicillo), cultivados en asocio. También se cultiva café y caña. Buena parte de las tierras, 3.252 manzanas (13%), se utilizan como pasto para el ganado. La tierra cultivada por las cooperativas asociadas a Confras, en el año cosecha 2007-2008, equivalían al 2,5% del total de área cosechada en la nación. La producción de cultivos destinados a la demanda interna (arroz, maíz, fríjol y sorgo) es el 2% del total nacional. Y el área cultivada de los productos tradicionales de exportación (algodón, café y caña de azúcar) representa el 2% (Confras, 2009).

Los principales problemas que las cooperativas y cooperativistas tienen para producir, son:

· Falta de financiación para capital de trabajo a bajo costo.

· Insumos caros y precios baratos de los cultivos.

· Falta de tierra para trabajar.

· Falta de apoyo en capacitación y asistencia técnica.

· Factores climáticos: sequía e inundaciones.

Esto ha impedido que las cooperativas puedan ampliar la producción lechera tecnificada, la crianza avícola y porcina, desarrollar proyectos para mujeres, tecnificar la pesca, la industrialización del coco y del café. La mayoría de las cooperativas compra los insumos en forma individual en agroservicios o tiendas cercanas, a precios elevados. Las tiendas les compran la cosecha barata. Ello implica una relación desigual y adversa para las cooperativas (Confras, 2009).

Casos exitosos de cooperativas agropecuarias salvadoreñas

- *Cooperativa El Tercio:* ubicada en la provincia de Usulután; cuenta con 749 asociados, que producen melón para la exportación, maíz y ganado de leche; fue beneficiaria de una finca de 1.200 hectáreas; ha llevado a cabo prácticas con uso de moderna tecnología para alcanzar altos estándares de calidad; su personal directivo tiene formación profesional.

Otras cooperativas agropecuarias salvadoreñas destacadas en la producción cafetera son: El Espino, Buena Vista, Hacienda Las Tablas, La Labor, Los Pinos, Santa Adela, Santa Fe y San Carlos. Y en la producción azucarera, destacan: La Maroma, Nancuchiname, Hacienda Normandía, Nuevo Modelo, La Esperanza y El Chingo, según lo refiere Confras (2009).

c. *Nicaragua*

Según la ACI (2008), en Nicaragua, hasta la Revolución Sandinista que triunfara en 1979, la economía popular ha imperado como forma de vida de la gran mayoría de la población, que integra actividades informales individuales y familiares de subsistencia, sin protección social ni apoyo institucional, que se orientan a satisfacer sus necesidades básicas de: trabajo, alimentación, salud, educación, mediante esfuerzo y recursos propios. La constituyen campesinos, finqueros, parceleros, trabajadores independientes, artesanos, indígenas, desempleados que, a pesar de su precaria situación, aportan significativamente al Producto Interno Bruto (PIB).

Política pública y el fomento al cooperativismo agropecuario

Nicaragua es uno de los países más pobres y menos desarrollados de América Latina, con un ingreso per cápita de US$ 802, que ocupa en el IDH el puesto 125 entre 177 países. Es la economía más

débil de Centroamérica, en permanente déficit y con balanza comercial deficitaria. Exporta un poco más de mil millones de dólares e importa tres veces esta cantidad. Casi un 40% de sus exportaciones se destina a la compra de alimentos, que el país podría producir; su población en un 56% es urbana, y se acentúa con la acelerada migración del campo, según estudio de Cipres (2009). Nicaragua no debería ser pobre por tener una baja densidad poblacional (42 habitantes por km^2) en una extensión de 130.668 km^2 con abundantes recursos naturales, agrícolas, marinos y turísticos, con una población joven en un 40%.

El sector cooperativo nace con el líder revolucionario Augusto Sandino (1930), cuando se organizan las primeras cooperativas agropecuarias en Río Coco y Waslala. A partir de entonces ha pasado por muchos cambios, según las diferentes administraciones públicas. Hay un surgimiento del cooperativismo con el programa reformista político de la Alianza para el Progreso, impulsado por Estados Unidos a través de su agencia de desarrollo, AID, en toda América Latina, en donde se incorpora la promoción de la pequeña y mediana industria. En 1966 se crea la Federación de Cooperativas de Ahorro y Crédito (Fecanic) para capacitación, asistencia técnica y financiera del sector. Se implanta la reforma agraria para reasentar a los campesinos en tierras de frontera agrícola, precisa la ACI-Colac (2004).

Como política de Estado, en el posconflicto el fomento y promoción de las formas asociativas de producción y comercialización pasan a ser prioridad. Se educa al pueblo en el sentido de que la asociatividad y la autogestión permiten su integración horizontal y acceso a una economía de escala, al crédito, el procesamiento, el mercadeo, el conocimiento y la tecnología; a alcanzar excedentes económicos, controlar el mercado interno y defender sus intereses de clase, afirma Cáceres (2006). El cooperativismo nicaragüense es una estrategia de desarrollo económico alternativa, apoyada por el Estado, que fomenta la cultura solidaria y asociativa.

La nueva reforma agraria consistente en entrega masiva de tierras. El sandinismo adquirió 48,4% de las tierras y se las entregó a jornaleros y peones agrícolas. El 13% de la tierra estuvo en manos de las Cooperativas Agrícolas Sandinistas (CAS), o cooperativas de producción, las cooperativas de surco muerto (CSM) que cultivan la tierra de forma colectiva, pero los campesinos conservan sus propias parcelas y los Colectivos de Producción (CDP) (precooperativas con trabajo colectivo), como lo refiere Núñez (2002).

En la Revolución Sandinista, según Chamorro y Fitzgeral (1987), la mujer luchó por la equidad de género y logró acceso a la tierra en condiciones igualitarias al hombre y conquistó cargos de dirección. También participó activamente en las organizaciones de masa, en tareas de la defensa de la revolución, en el movimiento cooperativo como socias, y en actividades de comercialización y distribución.

La economía social se desarrolla en Nicaragua durante la Revolución Sandinista en la década de los años ochenta, que da origen a emprendimientos cooperativos, agrupamientos autogestionarios de empresas de trabajadores y otras formas de libre asociación. Se forman más de 1.500 sindicatos, y el modelo empresarial cooperativo pasó a ser el motor económico de la revolución en el campo. Ese cambio motivó un incremento geométrico en la creación de nuevas cooperativas, que se constituyeron en el eje del desarrollo económico y social de Nicaragua, según estudio de Cipres (2009).

Tabla 8. Número de organizaciones asociativas del campo en Nicaragua (2007)

Tipo entidad	No. organizaciones	No. asociados
Agropecuarias	2.741	119.205
Cooperativas	881	47.887
Colectivos	1.475	64.147
Pesca	385	7.171

Fuente: Cipres (2009).

Cabe resaltar la importancia que para la economía nicaragüense significa la producción del café, en la cual el cooperativismo desempeña un papel determinante, tanto en su producción como en la comercialización y exportación, siendo el subsector en el que hay mayor número de cooperativas tecnificadas.

Casos exitosos de cooperativas agroindustriales en Nicaragua

Tabla 9. Cooperativas de café en comercio justo en Nicaragua (2005)

Nombre de cooperativa o asociación de cooperativas	No. total de miembros (2005)	Producción de café orgánico 2005 (QQ)
Prodecoop	2.281	15.143
Cecocafen	1.554	8.293,13
Corsan	-	14.000
Soppexcca	650	1.760
Prococer	450	4.392,76
El Gorrión	-	11.550
Solidaridad (Coop. comunales)	31	1.755
UCA Mira Flor	316	450
La Providencia	132	2.500
Tierra Nueva (BOACO)	641	6.000
San Isidro (BOACO)	211	2.242
UCPCO	112	1.500
Total	6.378	69.585,89

Fuente: Cipres (2009).

Las cooperativas de comercio justo y orgánico son productoras agroindustriales orgánicas (producción, procesamiento y comercialización), las más dinámicas de la economía social en Nicaragua. Desarrollan el modelo de precio justo para los productores (superiores a los costos de producción y a los del mercado local), fomentan el uso de técnicas ecoamigables en la producción y de responsabilidad con los consumidores; fomentan la asociatividad para alcanzar el mejoramiento de sus condiciones de vida con compromiso comunitario y respeto por la identidad de género; sus prácticas ayudan a sostener el ecosistema, la biodiversidad, la tierra y el agua.

Conclusiones

En las agendas de paz, el tema económico giró en torno a la Reforma Agraria Integral para recuperar el campo, promover el desarrollo económico del mismo y del campesinado.

Se planteó el modelo cooperativo como el indicado para adelantar la reforma en el posconflicto.

El modelo cooperativo es conveniente para el posconflicto por cuanto logra reconstruir el tejido social, gracias a su modelo empresarial basado en la autogestión, la democracia participativa, la asociatividad, el espíritu solidario y el trabajo colaborativo que lo inspiran.

En el posconflicto, Nicaragua, El Salvador y Guatemala, implementaron una política pública de promoción y fomento de las cooperativas agropecuarias.

El cooperativismo agropecuario en Nicaragua tiene un fuerte apoyo, porque hace parte de la política de Estado del gobierno sandinista y, por ello, es el modelo empresarial imperante en el campo de este país.

El cooperativismo agropecuario en Guatemala ha sido acogido por las comunidades indígenas y mestizas, que son mayoría en este país, y su participación en el PIB agrario es muy importante.

El cooperativismo agropecuario en El Salvador, en el posconflicto, tuvo apoyo institucional, pero luego decayó y el movimiento como tal no ha aportado significativamente al desarrollo económico de este país.

Respecto a sostenibilidad ambiental, las cooperativas han participado en las campañas de reforestación del bosque tropical húmedo, y en sus cultivos aplica buenas prácticas agrícolas, lo que forma cadenas agroindustriales, recupera y conserva suelos.

En equidad de género, el cooperativismo agropecuario ha incorporado activamente a la mujer en los procesos productivos y en su dirección, y escalado hasta la cúspide del sector cooperativo: las confederaciones.

A partir del ajuste estructural que promovió la apertura económica y la internacionalización, el cooperativismo ha enfrentado una fuerte competencia interna y externa que ha afectado su crecimiento.

Desde entonces, en El Salvador y en Guatemala los gobiernos no han apoyado al movimiento cooperativo, que ha perdido dinamismo y competitividad.

Para el posconflicto colombiano, el modelo cooperativo agropecuario puede contribuir considerablemente en los procesos de reinserción, reintegración y desarrollo del campo, con la generación de empleo y bienestar al campesino, siempre y cuando se efectúe una política pública integral de fomento y promoción que garantice su sostenibilidad.

Para que el modelo sea exitoso requiere de una política pública integral que brinde:

a. Capacitación permanente al campesinado sobre modernas técnicas y tecnologías de producción.

b. Asesoría y asistencia técnica en los procesos de comercialización de los productos.

c. Financiación a los proyectos productivos asociativos, con seguro de cosechas.

d. Profesionalización de la autogestión cooperada.

Referencias bibliográficas

Alianza Cooperativa Internacional (ACI), Confederación del Caribe y Centroamérica (CCC-CA) y Confederación Latinoamericana de Cooperativas de Ahorro y Crédito (Colac) (2004). *Análisis del modelo cooperativo en el nuevo escenario económico.*

ACI (2008). Diagnóstico de la economía social en Nicaragua. San José de Costa Rica.

Arango Jaramillo, M. (2004). *Economía solidaria*. Medellín: Ed. Suramericana.

Bijman, J. (2013). Las cooperativas agroalimentarias en la UE. Empresas modernas con retos modernos. Universidad de Wageningen. En: *Mediterráneo Económico, 24*: 41-60.

Birchall, J. (2005). *Las cooperativas y los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Bogotá: Ed. Ascoop.

Cáceres, S. (2006). Hacia una estrategia del movimiento cooperativo nicaragüense. Propuesta del sector agropecuario para incidir en la negociación entre la Unión Europea y Centroamérica. Managua, Nicaragua: Fenacoop.

Castañeda Maldonado, F. & Sigüenza Ramírez, Pablo (2013). Estudio de casos exitosos de agricultura sostenible y soberanía alimentaria en el marco del Pidaassa: Programa de intercambio, diálogo, asesoría en agricultura sostenible y soberanía alimentaria. Guatemala.

Cipres (2009). Las cooperativas agroindustriales en Nicaragua. Managua, Documento.

Chamorro, A. & Fitzgerald, V. (1987). El movimiento cooperativo: contradicciones y avances. Encuentro, UCA. Introducción a la economía social, curso internacional de agroecología, Matagalpa, Nicaragua.

Chermick, M. (1998). Las dimensiones internacionales de los conflictos internos en América Latina: de la Guerra Fría (a la paz negociada en Centroamérica) a la guerra antinarcótica. *Colombia internacional* (pp. 5-43). Universidad de los Andes.

Confederación Guatemalteca de Federaciones Cooperativas (Confecoop) (2014). *Aproximación al cooperativismo.* Guatemala: Confecoop.

Confecoop y Federación de Cooperativas Agrícolas (Fedecoag) (2010). Propuesta de desarrollo de la crisis a la oportunidad, de la pobreza a la acumulación horizontal de la riqueza. Una visión cooperativa. Guatemala: Confecoop y Fedecoag.

Confras (2009). Situación de las cooperativas y asociaciones agropecuarias afiliadas a federaciones y Confras. San Salvador.

Cooperativa Rey Quiché (2010). *Memoria de labores*. Guatemala: Cooperativa Rey Quiché.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2011). *Encuesta nacional de empleo e ingresos a julio del 2011.* Guatemala: INE.

Coraggio, J. L. (2005). Sobre la sostenibilidad de los emprendimientos mercantiles de la economía social y solidaria. Universidad de Buenos Aires, Ed. Suramericana.

Cortés Rincón, B. (2014). El proceso de paz de Nicaragua. Efectos políticos y consecuencias sociales del conflicto armado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia y Universitá Degli Studio di Salerno. Facultad de Derecho. Maestría en Ciencias Políticas.

Elisondo, C. R. (2007). Sociedades y asociaciones cooperativas. Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Departamento de Ciencias Económicas.

FAO (2012). Las cooperativas alimentan a Guatemala. Guatemala: Ed. ACI-FAO.

Fecasal de RL (septiembre del 2016). La Federación de Cooperativas Agropecuarias Salvadore*ñas* de Responsabilidad Limitada. Recuperado de: http://96.0.249.157/index.html

Fecoracen (septiembre del 2016). Federación de Cooperativas de la Reforma Agraria de la Región Central. Recuperado de: http://www.fecoracen.org.sv/index.php/areas-estratégicas

Fedecoopades (septiembre del 2016). Fedecoopades. Recuperado de: http://fedecoopades.org/#home

Federación de Agricultores (septiembre del 2016). Fedecoops. Recuperado de: https://plus.google.com/102627224017593723884

García V., J. J. (1990). La reforma agraria y la producción agrícola colectiva. La experiencia de El Salvador. Ensayo, El Salvador.

Goltía, P. J. (2009). La realidad actual del cooperativismo agropecuario en El Salvador. En: R. M. Roggenbuck. *Situación agraria y cooperativismo en El Salvador.*

Hernández, Pedro Juan (1994). Estudio sobre las cooperativas agropecuarias en El Salvador. En: F. N. FUNDE. San Salvador: Socodevi, Montreal, Canadá.

Instituto Nacional de Cooperativas (Inacoop) (2011). Registro de Cooperativas, Fomento y Desarrollo Cooperativo, Inacoop. Sitio oficial Inacoop. Recuperado de: http://inacop.gob.gt/paginas.asp?id=1684&clc=277

Inacoop y Confecoop (2008). III Censo Cooperativo 2008: Las empresas cooperativas enfrentando la crisis, produciendo y generando empleo. Guatemala.

Julià-Igual, J. F. & Meliá, E. (2008). Social Economy and the Cooperative Movement in Europe: Input to a New Vision of Agriculture and Rural Development in the Europe of the 25; Ciriec-España: *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa* (62), Special Issue; pp. 147-172. http://www.redalyc.org/pdf/174/17412442006.pdf

López, B. & Mora, A. (2012). *Visión panorámica del sector cooperativo en Guatemala. Un mecanismo de promoción del desarrollo y lucha contra la pobreza*. Guatemala:

Ed. OIT-ACI.

Martínez, L. A. (1996). Reforma agraria y cooperativismo en El Salvador: antecedentes y perspectivas (1970-1996). San Salvador.

McGrath, M. J. (2007). *Cooperativas prósperas*. Bogotá: Editora Guadalupe Ltda. 10.ª edición.

Núñez, O. (2002). El manifiesto asociativo y autogestionario. Managua, Nicaragua: Cipres.

Pineda, Castillo, Pardo y Palacios (1998). *Cooperativismo mundial*. Bogotá: Edit. Consultamérica.

Salinas Ramos, Francisco (2007). La cooperativa agraria. Barcelona: Biblioteca Ceac de Cooperativismo.

Santacruz, J. A. (agosto, 2009). Ensayo sobre el origen del cooperativismo en El Salvador. El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales del Departamento de Derecho.

Universidad Rafael Landívar (URL), Instituto de Investigaciones y Gerencia Política (INGEP) y el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) (2013). Los desafíos del desarrollo en Guatemala. Documento resumen del seminario.

Valderrama Ordóñez, C. (1952). *Aspectos del cooperativismo colombiano*. Bogotá: Imprenta Nacional.

CAPÍTULO 9.

LA VIOLENCIA SEXUAL Y LA VIOLENCIA BASADA EN GÉNERO, EN EL MARCO DEL CONFLICTO ARMADO EN COLOMBIA

Nancy Solano de Jinete
Over Serrano Suárez
Carlina Gracia Hincapié

La investigación realiza un análisis jurisprudencial que permite un ejercicio crítico y propositivo con el fin de presentar alternativas de solución que permitan, con miras al posconflicto, disminuir las situaciones prexistentes de exclusión, estigmatización y discriminación hacia las mujeres, en especial donde predomina el conflicto armado.

Género: para entender el significado de género, sea lo primero puntualizar conceptos muy relacionados con la construcción de género; cuando se habla de "sexo" debe entenderse por características biológicas, orgánicas y físicas que diferencian a hombres y mujeres. A partir de estas diferencias, se construyen culturalmente las características de hombres y mujeres. Lo cual significa que, las diferencias entre hombres y mujeres deben entenderse desde lo biológico y cultural.

Ahora bien, el concepto de "género" es la construcción social y cultural de la identidad sexual. Es decir, el entendimiento sociocultural de hombre o mujer a partir del sexo y la concepción que en cada cultura se tenga de ser hombre o mujer; en el mismo sentido puede afirmarse que es el sistema social referente a procesos y mecanismos que organizan y regulan comportamientos, competencias y escenarios de hombres y mujeres.

Como consecuencia, tenemos los papeles de género en la sociedad, que no es más que una categoría social que incluye normas, comportamientos y cualidades esperadas. Los papeles de mujeres y de hombres han sido construidos con base en patrones socioculturales que establecen tendencias estereotipadas; que configuran los estereotipos de género, que podemos definir como las creencias sobre las características de los papeles típicos que hombres y mujeres tienen que tener y desarrollar en una etnia, cultura o sociedad.

El género se define como el conjunto de creencias, prescripciones y atribuciones construidos por la sociedad sobre el reconocimiento de una diferencia social, con lo cual los papeles masculinos y femeninos no se definen por características biológicas del sexo, sino que evolucionan en función de las diferentes situaciones culturales, sociales y económicas.

El sistema de género logra que la cultura se encuentre con este concepto, a través de la creación para cada uno de los sexos de identidades diferentes. En este punto debe admitirse que cada cultura se vale de códigos para entrar en contacto con la sociedad, y con esas coordenadas sabe cuándo esa sociedad se refiere al hombre y cuándo lo hace con la mujer. Puede decirse que el uso de códigos en cada cultura, en principio no produce daño, sino cuando a través de estos se niega que los derechos socioeconómicos, históricos, políticos, culturales y religiosos, en las distintas sociedades, en términos de valor, a los sexos les correspondan lo mismo. Es en ese momento cuando aparecen las desigualdades, porque la figura del patriarcado tiene su aparición para posicionar un sistema de poder que

construye su hegemonía en el dominio masculino sobre lo femenino, y hace que este reaccione y exija su liberación, producto de las ataduras impuestas por las relaciones de género. Entre otros, pidió igualdad entre mujeres y hombres en el campo profesional, educativo y en la lucha contra las instituciones sexistas, precisamente porque el uso de un lenguaje sexista no solo reconoce que lo masculino y lo femenino confluyen en espacios sociales diversos, y que tanto el hombre como la mujer se dedican a distintas actividades, pero no participan del mismo modo en la vida pública en donde lo femenino poco o nada aparece.

Por violencia basada en género (VBG) debe entenderse cualquier tipo de violencia que se ejerza por la condición o hecho de ser mujer; esta puede ser física, psicológica, cultural o social.

En Colombia las normas que penalizan la violencia contra la mujer se encuentran consagradas en la Ley 1719 del 2014, en el Código Penal y en la Ley 1257 del 2008: por la cual se dictan normas de sensibilización, prevención y sanción de formas de violencia y discriminación contra las mujeres, se reforman los códigos Penal, de Procedimiento Penal, la Ley 294 de 1996 y se dictan otras disposiciones.

Artículo 2°. Definición de violencia contra la mujer: "Por violencia contra la mujer se entiende cualquier acción u omisión, que le cause muerte, daño o sufrimiento físico, sexual, psicológico, económico o patrimonial por su condición de mujer, así como las amenazas de tales actos, la coacción o la privación arbitraria de la libertad, bien sea que se presente en el ámbito público o en el privado".

Definición de daño o sufrimiento contra la mujer:

"Psicológico: consecuencia proveniente de la acción u omisión destinada a degradar o controlar las acciones, comportamientos, creencias y decisiones de otras personas, por medio de intimidación, manipulación, amenaza, directa o indirecta, humillación, aislamiento o cualquier otra conducta que implique un perjuicio en la salud psicológica, la autodeterminación o el desarrollo personal. Físico: riesgo o disminución de la integridad corporal de una persona. Sexual: consecuencias que provienen de la acción consistente en obligar a una persona a mantener contacto sexualizado, físico o verbal, o a participar en otras interacciones sexuales mediante el uso de fuerza, intimidación, coerción, chantaje, soborno, manipulación, amenaza o cualquier otro mecanismo que anule o limite la voluntad personal. Patrimonial: pérdida, transformación, sustracción, destrucción, retención o distracción de objetos, instrumentos de trabajo, documentos personales, bienes, valores, derechos o económicos destinados a satisfacer las necesidades de la mujer".

La violencia basada en género, en Colombia responde a los imaginarios y estereotipos fijados en el subconsciente, que se ven sobredimensionados en el marco del conflicto armado; pues es allí en donde se exponen y miden las fuerzas de los combatientes, quedando entonces la mujer en medio de este, sin tener muchas opciones de preservar sus derechos intactos.

La mujer, por tradición, ha sido vista como débil, social, cultural y hasta legalmente; ha tenido un tratamiento inferior frente al hombre, hecho este que ha ocasionado que la violencia contra la mujer se haya camuflado en la sociedad, y que muchas conductas, de un modo ostensible violatorias de sus derechos, no se hayan visibilizado en debida forma durante mucho tiempo.

En este sentido, es importante destacar que la violencia contra la mujer no ha sido permitida por esta de manera consciente, ni que tampoco se calla por considerar que lo que sucede es correcto,

sino por desconocimiento, por tener grabado en el imaginario patrones de conducta y papeles de lo masculino y lo femenino que no permiten identificar a la víctima de forma certera que está siendo vulnerada.

No debe perderse de vista el impacto que genera la violencia contra la mujer en una sociedad; más en Colombia, en donde la mujer aún tiene funciones asignadas tradicionales como el cuidado del hogar y los hijos, lo que implica, entonces, que los alcances de la violencia contra la mujer exceden las esferas de la misma mujer para alcanzar a su familia, y a la sociedad a la cual esta pertenece.

Ahora bien, esto implica no solo el acto mismo de violencia contra la mujer como ser individual, sino la violencia basada en género como arma de guerra en el conflicto armado, tal y como se verá en párrafos siguientes, en donde la mujer fue utilizada para atacar al enemigo, ejercer presión sobre la sociedad y generar temor.

Lo anterior simplemente pone en evidencia que la mujer ha sido vulnerada por el hecho mismo de ser mujer en el conflicto armado en Colombia, y que a pesar de los grandes esfuerzos institucionales y las decisiones de la Corte Constitucional, no se ha logrado que se sepa toda la verdad de lo ocurrido, como ya tantas veces se ha dicho por el temor de las mujeres de contar lo ocurrido, por la falta de atención institucional, que implica un cambio en la percepción de los estereotipos de hombre-mujer en la sociedad.

En Colombia, la Ley 1719 del 2014 dio carácter de delito de lesa humanidad a la violencia sexual ocurrida en el marco del conflicto armado, siendo este un gran paso para la construcción de la verdad de la violencia sufrida por la mujer por parte de los actores armados.

Se muestra muy marcada la violencia de género, se enfoca principalmente hacia el género femenino, y se presentan así situaciones de exclusión, estigmatización y discriminación hacia las mujeres, se agravan en espacios en que predomina el conflicto armado, donde los diferentes usos de la violencia promueven relaciones de poder desiguales, lo que impone esquemas patriarcales a través de la fuerza.

Ahora, si se habla de discriminación de género hay que mencionar diez riesgos, que han sido identificados por la Corte Constitucional en el marco del conflicto armado colombiano, a saber:

- Violencia sexual, explotación sexual o abuso sexual.
- Explotación o esclavización para ejercer labores domésticas y papeles considerados femeninos en una sociedad con rasgos patriarcales, por parte de los actores armados ilegales.
- Reclutamiento forzado de sus hijos e hijas por los actores armados al margen de la ley.
- Contacto o de las relaciones familiares o personales-voluntarias, accidentales o presuntas con los integrantes de alguno de los grupos armados ilegales o de fuerza pública.
- Pertenencia a organizaciones sociales, comunitarias o políticas de mujeres, o de sus labores de liderazgo y promoción de los derechos humanos.

- Persecución y asesinato por las estrategias de control coercitivo.
- Asesinato o desaparición de su proveedor económico o por la desintegración de sus grupos familiares y de sus redes de apoyo material y social.
- Despojo de sus tierras y su patrimonio con mayor facilidad por los actores armados ilegales.
- Condición de discriminación y vulnerabilidad acentuada de las mujeres indígenas y afrodescendientes.
- Pérdida o ausencia de su compañero o proveedor económico durante el proceso de desplazamiento.

La razón principal para estas agresiones se debe al control social y de comportamientos que estos grupos al margen de la ley pretenden establecer en las comunidades, en especial en las mujeres, a través de imposición de normas sexistas y homofóbicas, haciendo persecución, violación y tortura a mujeres lesbianas, también la ejecución de mujeres seropositivas y en forma principal en esclavitud sexual hacia cualquier grupo femenino de las comunidades.

La Corte Constitucional también refiere informaciones reiteradas de violencia sexual "actos de violencia sexual perpetrados como parte de operaciones violentas de mayor envergadura como masacres, tomas, actos individuales por miembros de todos los grupos armados, violencia sexual como retaliación y de amedrentamiento de las comunidades, contra jóvenes y niñas reclutadas por los grupos armados, contra las mujeres civiles que incumplen los códigos sociales de conducta impuestos, contra mujeres de organizaciones sociales, comunitarias o políticas, lideres o promotoras de derechos humanos, y prostitución forzada y esclavización sexual" (Corte Constitucional, Auto 092/08).

Como preámbulo debe señalarse que existe una estructura de poder sistémicamente articulada, que descansa sobre la construcción sociopolítica de los géneros. El concepto género es a la vez causa y efecto de esa estructura de poder que divide la sociedad en dos partes asimétricas, una de estas marcada por la subordinación y otra por la dominación, una con exceso de recursos y otra que presenta un saldo en rojo de esos recursos, que se traduce en abundancia de derechos y otra en escasez importante de los mismos.

La desigualdad participativa de lo femenino en relación con el protagonismo ventajoso de lo masculino, ese papel de género se produce por la división sexual del trabajo, en donde las funciones entre hombres y mujeres aportaron fuertes bases para que en el sistema social apareciera que la mitad de la sociedad se encontraba en una posición de subordinación y la otra ejercía explotación sobre la primera. Estructura social que se proyecta en dos espacios sociales diferentes, el público y el privado; el primero con imagen masculina y el segundo con rostro femenino.

Así, el papel de género basado en la conjunción entre lo masculino y lo femenino, en el contexto socioeconómico, cultural, político y religioso, hace que nazca el concepto de división del trabajo por géneros, entendido el género como uno de los componentes del sistema sexo/género, el cual se apoya en disposiciones que sirven de bastión para que la sociedad transforme la sexualidad biológica en un producto de la actividad humana.

El ámbito reproductivo o doméstico asignado a la mujer, ni por asomo abarca actividades mercantiles, pues sus labores se limitan a prestar atención a la familia, que incluyen el cuidado del hogar (lavar, planchar, cocinar, cuidar a las criaturas, atención a personas dependientes), en donde no se cambia ni se produce dinero por dichas labores.

La masculinidad, definida como esa construcción cultural de género (que en una sociedad identifica el papel de los hombres y les reconoce su fuerza, su constante aparición en todas las cuestiones públicas, etc.), pone de manifiesto que en ese papel de actividades de los géneros a la mujer se le quiere mantener en condición de inferioridad en el contexto socioeconómico, político, cultural y religioso, lo cual vulnera el derecho a la igualdad de género, que comprende el pleno y universal derecho de hombres y mujeres al goce de la ciudadanía, desde lo político, lo civil y lo social. En ese orden, el vehículo que transporta el derecho a la igualdad se identifica con el concepto de equidad de género, que, de acuerdo con las necesidades de cada uno, ofrece y convalida tratamiento a mujeres y hombres, sin diferencias, y sí considerándolos como complementos.

Es que el feminismo, en sus diversas manifestaciones, ha contribuido al concepto de ciudadanía, pues el proceso de formación de esta no solo ha permitido que así sea de forma parcial, sino que se le haya reconocido a la mujer el derecho al voto. De modo que, cuando la sociedad superó esas formas erradas de reconocer los derechos de la ciudadanía, para el caso de la mujer se plasmó en el sufragio censitario o en la diferenciación entre "ciudadanía activa" y "ciudadanía pasiva", consagrado en las Constituciones francesas de 1791 y 1793, como una forma clara de superar todas esas limitaciones a la teoría universal de la igualdad a determinadas condiciones –los "no capaces" son excluidos–, alcanzables la mayoría en función de los "méritos", con la única excepción del género: no se pueden hacer "méritos" para dejar de ser mujer. También, el feminismo transformó la lucha individual de las mujeres en luchas colectivas socialmente admitidas como derecho de la ciudadanía.

En Colombia, todas las formas de violencia contra la mujer han sido la constante del conflicto armado, pues los actores han considerado a la mujer como un arma de guerra idóneo para someter a la sociedad y al enemigo, a más de exacerbar los comportamientos, los imaginarios que tienen los combatientes frente a la mujer, que en muchos casos son de desprecio, demostración de poder y sometimiento de esta.

Las consecuencias que ha dejado el conflicto armado en este sentido, van desde los cambios en el comportamiento de las mujeres dentro de la sociedad, pues se limitaron sus derechos a la locomoción, sexuales, reproductivos, costumbres sociales, fueron obligadas a desempeñar papeles únicamente para indicar el dominio del grupo armado sobre la sociedad; asimismo, la mujer se ha visto afectada en la asunción de su vida, al verse desplazada y perder el acceso a la satisfacción de sus necesidades básicas; como también al tener que asumir las consecuencias físicas, fisiológicas, psicológicas y sociales de llevar la carga de haber sido víctima de violencia sexual.

Para el abordaje metodológico, este documento fue elaborado a partir del paradigma cualitativo, descriptivo documental, con un componente reflexivo, que permite describir, analizar, contrastar la información recopilada con la realidad de la mujer en Colombia, bajo la óptica de la violencia basada en género.

En el ámbito internacional, se ha reconocido la violencia contra la mujer como una forma de discriminación de género, que implica una violación de los derechos humanos y un delito de lesa humani-

dad, como recientemente fue reconocido en Colombia, por ello la jurisprudencia en la normatividad internacional se ha preocupado por garantizar que dicha violencia no se siga ejerciendo; y es que desde tiempos inmemoriales, en Grecia y Roma, se le dio a la mujer un carácter de "cosa" perteneciente a su marido, quien era el que tenía el uso y goce pleno de sus derechos, con lo que se decretó, así, una superioridad del hombre.

Los estereotipos que recaen sobre la mujer son de orden social, cultural, del papel dentro de la familia y la sociedad, sus condiciones físicas, fisiológicas, mentales, acceso al ejercicio de derechos; en suma, la mujer ha sido vista como un ser inferior al hombre, lo cual se ha reflejada en la construcción de imaginarios sociales y culturales en todas las latitudes.

En el ámbito internacional, la violencia contra la mujer ha sido definida como "cualquier acción o conducta, basada en su género, que cause muerte, daño o sufrimiento físico, sexual o psicológico a la mujer, tanto en el ámbito público como en el privado". Según la Convención Belém do Pará (1994), la violencia contra de la mujer puede ocurrir en los siguientes ámbitos:

a) La violencia física, sexual y psicológica que se produzca en la familia, incluidos los malos tratos, el abuso sexual de las niñas en el hogar, la violencia relacionada con la dote, la violación por el marido, la mutilación genital femenina y otras prácticas tradicionales nocivas para la mujer, los actos de violencia perpetrados por otros miembros de la familia y la violencia relacionada con la explotación.

b) La violencia física, sexual y psicológica perpetrada dentro de la comunidad en general, inclusive la violación, el abuso sexual, el acoso y la intimidación sexuales en el trabajo, en instituciones educacionales y en otros lugares, la trata de mujeres y la prostitución forzada.

c) La violencia física, sexual y psicológica perpetrada o tolerada por el Estado, dondequiera que ocurra.

La violencia contra la mujer en el conflicto armado en Colombia, ha sido una causa de muerte a gran escala; pero no hay que perder de vista que esta es la 'punta del iceberg', ya que las formas de violencia contra la mujer tienen una amplia gama de matices, que van desde el feminicidio hasta la violencia doméstica, pasando por la violencia sexual, los trabajos forzados, trata de mujeres, prostitución, prohibición de usos y costumbres, entre muchos otros, en donde la mujer ha sido blanco de toda clase de ataques, físicos y mentales.

La mujer, como ya se dijo, ha sido discriminada en Occidente a partir de los conceptos de superioridad dados por Aristóteles, y Colombia no ha sido ajeno a dichas tendencias e ideas, pues los derechos de las mujeres se han visto coartados desde la concepción misma de la ley, que durante mucho tiempo estuvo supeditada a la potestad del padre y luego a la del marido, en donde la mujer siempre ha desempeñado papeles familiares que no han sido remunerados ni vistos como importantes en la sociedad, razón por la cual la apertura de la mujer en campos laborales, económicos, sociales, políticos, han conllevado una fuerte carga de discriminación.

La mujer ha tenido que soportar el embate del conflicto armado desde todo punto de vista, pues entregar a sus hijos para la guerra, ser atacada, desplazada, violentada sexualmente, puesta a realizar

trabajos forzados al servicio de los grupos armados, limitados sus derechos de locomoción, asociación, y su comportamiento mismo, entre otros, ha sido una característica del conflicto, en donde la mujer no puede ejercer sus derechos como ciudadana y como mujer, ni siquiera dentro de las filas de los grupos armados, pues en muchos casos, al igual que las mujeres pertenecientes a la sociedad civil, han sido obligadas a planificar, o a abortar, como mecanismos de control de la reproducción y el ejercicio de los derechos sexuales y reproductivos.

Como consecuencia, la jurisprudencia se ha visto en la necesidad de abordar estos temas para buscar una mejora en el ejercicio de los derechos de las mujeres, y en tal sentido la Corte Constitucional, en Sentencia C-776 del 2010, por la cual se decide la exequibilidad de las obligaciones del Sistema General de Seguridad Social en Salud de prestar servicios de asistencia médica, psicológica y psiquiátrica a las mujeres víctimas de violencia, a sus hijos e hijas, contenidas en la Ley 1257 del 2008, ha reconocido que esta marcada discriminación histórica hacia la mujer, no solo afectó su independencia e igualdad, sino que, además, es un hecho fehaciente de violencia de género: "La violencia contra la mujer suele estar vinculada con causas sociales, culturales, económicas, religiosas, étnicas, históricas y políticas, que operan en conjunto o aisladamente en desmedro de la dignidad y del respeto que se debe a quien es considerada como una persona vulnerable y, en esa medida, sujeto de especial protección tanto en el Derecho Internacional como en el ordenamiento jurídico interno de los Estados".

Del mismo modo la jurisprudencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos se ha preocupado de forma constante por los derechos de las mujeres, y no han sido pocos los fallos que ha proferido en pro de la protección de los mismos.

Retomando el tema del conflicto armado en Colombia, la mujer ha sido vulnerada de manera extrema por los actores armados, ya que la violencia contra la mujer fue usada como el mecanismo para debilitar a la sociedad y al enemigo.

En tal sentido el Centro de Memoria Histórica afirma: "Diferentes esferas de la vida social e individual fueron controladas, moldeadas y disciplinadas a la luz de un proyecto de orden homogeneizador que reprodujo y exacerbó arreglos de género previamente legitimados e instauró particulares jerarquías raciales. Un orden social donde las mujeres fueron relegadas al espacio privado, los homosexuales fueron castigados y el 'ser blanco', en un territorio primordialmente afrodescendiente, fue sinónimo de distinción social.

"El accionar paramilitar no sólo fue un factor de alteración, generación de caos y desorden, sino también constructor de un orden y de una gramática social (…). Esa construcción implicó un complejo, sostenido y constante proceso de control, regulación y disciplina de la vida social, donde se moldearon cuerpos, se resignificaron espacios, se nombró y localizó la diferencia y se construyeron formas específicas de la relación social, de ser hombre y de ser mujer".

Los comportamientos desplegados abarcan la violencia sexual, obligar a las mujeres a realizar trabajos domésticos de forma forzada y exagerada, ser sometidas a la vergüenza pública, de ser rapadas, o puestas a barrer calles, llevar letreros, en donde a manera de castigo se evidenciaba un supuesto mal comportamiento como mujer; en otros casos fueron obligadas a prestar servicios sexuales bajo la modalidad de prostitución forzada, esclavitud sexual, matrimonio servil; formas de vestir, asisten-

cia a lugares públicos fueron prohibidas o restringidas, del mismo modo se coartaron las acciones de mujeres lideresas en la comunidad, pues las reuniones y asociaciones de mujeres fueron prohibidas; en general, la violencia en Colombia ha agotado todo el espectro de violencia contra la mujer.

Esto implica una ratificación de los imaginarios de lo que es y debe ser una mujer, ya que los castigos fueron impuestos, no solo por el hecho mismo de ser mujer, sino por no comportarse como los grupos armados consideraban era apropiado o correcto para una mujer; asimismo, los hombres tenían que comportarse como tales, limitando el comportamiento de estos al papel que existe en el imaginario del ser hombre y su comportamiento frente a la mujer; es por esto que fueron atacadas las personas con orientación sexual diversa, en especial los hombres gay o 'trans', ya que su comportamiento tampoco estaba ajustado al imaginario ni al estereotipo masculino en la sociedad.

De acuerdo con ello, puede decirse que la violencia contra la mujer es una forma de discriminación y viceversa, toda vez que, con dichos comportamientos, se está impidiendo el uso y goce de los derechos de las mujeres por el hecho de serlo; más aún cuando en forma sistemática, y cuando no se cuenta con la conciencia social y cultural de los hechos que constituyen violencia de género, desencadenan entonces una violación de los derechos humanos de las mujeres.

De acuerdo con la magnitud de la violencia basada en género en Colombia en el marco del conflicto armado y sus consecuencias, se hace necesario que la justicia sea tenida como el vehículo de transición para la recuperación de los derechos perdidos de las mujeres, la reparación integral de aquellos, la judicialización y castigo a los autores y la recomposición social y familiar que fue afectada con el daño a la mujer.

De otro lado, se desconocen las conductas que constituyen violencia basada en género por parte de las víctimas, lo que implica que no se mencionen los hechos simplemente por no considerarse delito; y ello se da por los imaginarios y las precepciones que se tienen sobre la mujer y su papel en la sociedad, pues el tener que realizar trabajos domésticos de forma forzada, sin remuneración alguna en muchos casos, no fue visto por las mujeres como violencia basada en género.

Ahora bien, la violencia sexual y la violencia basada en género han sido visibilizadas en el análisis de los conflictos contemporáneos; fue precisamente con ocasión del conflicto en la antigua ex Yugoslavia, y en Ruanda, en donde se puso de presente la existencia y el uso de esta arma de guerra en el marco del conflicto armado, y es de allí de donde surgen las reglas y los usos probatorios existentes en el mundo, que permiten que la justicia sea más laxa en temas probatorios cuando se trate de violencia contra la mujer, en especial en violencia sexual.

Es claro que la violencia sexual ha sido utilizada como arma de guerra desde siempre, no solo a nivel interno sino en conflictos internacionales, únicamente que hasta ahora se ha tomado conciencia de estos hechos utilizados como medio para desmoralizar al enemigo, causar terror y humillación en la población, o como instrumento de limpieza étnica. En ese sentido, la Comisión de Expertos para investigar la violencia sexual en el conflicto de la ex Yugoslavia, que instaló el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas en 1992, concluyó que la violencia sexual se caracterizó por la motivación étnica; en especial, la intención de humillar a la víctima, su familia y su comunidad entera; la extrema brutalidad utilizada; la elección en ocasiones de las víctimas entre los líderes y profesionales de una

comunidad; la gestación forzada del hijo del violador y la intención de aterrorizar a la población para impedir su regreso.

En otros conflictos, como los de Sudán y El Congo, la violencia contra la mujer, en especial la violencia sexual, fue acompañada de la tortura para doblegar a la mujer y al enemigo; iguales suertes corrieron las mujeres de Sierra Leona, Bosnia-Herzegovina, Timor del Este y Liberia.

Las mismas consecuencias han tenido que sufrir las mujeres en Colombia desde hace más de 50 años, cuando se dio inicio al conflicto armado interno, hecho que se recrudeció con la aparición de los grupos paramilitares en la década de los setenta, en donde la mujer ha sido tomada como instrumento de guerra con el fin de dañar al enemigo o a la sociedad.

Por ello los tribunales internacionales han incluido la violencia sexual como arma de guerra, más que como consecuencia adyacente o daños colaterales de las confrontaciones, al definir, de acuerdo con las circunstancias, que la violencia sexual puede ser un crimen de guerra o de lesa humanidad (bajo el Estatuto de Roma), un acto de tortura (bajo la Convención de Naciones Unidas contra la Tortura), o un acto constitutivo de genocidio (bajo la Convención de Naciones Unidas sobre el Genocidio).

Del mismo modo se han proferido varias resoluciones por parte de Naciones Unidas que propenden por la garantía de los derechos de las mujeres, en especial al tratarse de violencia de género, siendo los más importantes: Resolución 1325 del 2000, Resolución 1820 del 2008, Resolución 1888 del 2009, Resolución 1889 del 2009, Resolución 1960 del 2010, Resolución 2106 del 2013 y Resolución 2122 del 2013.

Estas resoluciones buscan siempre la garantía y la guarda de los derechos de las mujeres, no solamente en tiempo de guerra, pues en algunas se insta a los Estados a visibilizar el tema dentro del conflicto armado y en tiempos de paz; la violencia sexual como táctica de guerra; igualdad y empoderamiento de la mujer; mecanismos de seguimiento al cumplimiento de las resoluciones, entre otros aspectos.

Por parte de la Corte Constitucional, en Colombia se profirió el Auto 092 del 2008, expedido en el marco del proceso de seguimiento al cumplimiento de las órdenes emitidas en la Sentencia T-025 del 2004, en donde se indica que existe un estado de cosas institucional relacionado con la respuesta institucional a la situación de desplazamiento forzado, a propósito de la violación sistemática y generalizada de los derechos humanos de las mujeres en el conflicto armado, y pudo establecer los siguientes patrones de violencias basadas en género, que afectan a las mujeres en este contexto:

1. La violencia y el abuso sexuales, incluida la prostitución forzada, la esclavitud sexual o la trata de personas con fines de explotación sexual.
2. La violencia intrafamiliar y la violencia comunitaria por motivos de género.
3. El desconocimiento y vulneración de su derecho a la salud, y especialmente de sus derechos sexuales y reproductivos a todo nivel, con particular gravedad en el caso de las niñas y adolescentes, pero también de las mujeres gestantes y lactantes.
4. La asunción del papel de jefatura de hogar femenina sin las condiciones de subsistencia material mínimas requeridas por el principio de dignidad, con especiales complicacio-

nes en casos de mujeres con niños pequeños, mujeres con problemas de salud, con discapacidad o adultas mayores.

5. Obstáculos agravados en el acceso al sistema educativo.

6. Obstáculos agravados en la inserción al sistema económico y en el acceso a oportunidades laborales y productivas.

7. La explotación doméstica y laboral, incluida la trata de personas con fines de explotación económica.

8. Obstáculos agravados en el acceso a la propiedad de la tierra y en la protección de su patrimonio hacia el futuro, en especial en los planes de retorno y reubicación.

9. Los cuadros de discriminación social aguda de las mujeres indígenas y afrodescendientes desplazadas.

10. La violencia contra las mujeres líderes o que adquieren visibilidad pública por sus labores de promoción social, cívica o de los derechos humanos.

11. La discriminación en su inserción a espacios públicos y políticos, con impacto especial sobre su derecho a la participación.

12. El desconocimiento frontal de sus derechos como víctimas del conflicto armado a la justicia, la verdad, la reparación y la garantía de no repetición.

En referencia a la violencia sexual como arma de guerra, el mismo tribunal, de acuerdo con las denuncias puntuales de 164 víctimas, ha indicado:

1. Actos de violencia sexual perpetrados como parte integrante de operaciones violentas de mayor envergadura, como masacres, tomas, pillajes y destrucciones de poblados, cometidos contra las mujeres, jóvenes, niñas y adultas de la localidad afectada, por parte de los integrantes de grupos armados al margen de la ley.

2. Actos deliberados de violencia sexual cometidos, ya no en el marco de acciones violentas de mayor alcance, sino individual y premeditadamente por los miembros de todos los grupos armados que toman parte en el conflicto, que en sí mismos forman parte de:

a. Estrategias bélicas enfocadas al amedrentamiento de la población;

b. Retaliación contra los auxiliadores reales o presuntos del bando enemigo a través del ejercicio de la violencia contra las mujeres, de sus familias o comunidades;

c. Retaliación contra las mujeres acusadas de ser colaboradoras o informantes de alguno de los grupos armados enfrentados;

d. De avance en el control territorial y de recursos;

e. Coacción para diversos propósitos en el marco de las estrategias de avance de los grupos armados;

f. Obtención de información mediante el secuestro y sometimiento sexual de las víctimas; o

g. Simple ferocidad.

3. La violencia sexual contra mujeres señaladas de tener relaciones familiares o afectivas (reales o presuntas) con un miembro o colaborador de alguno de los actores armados legales e ilegales, por parte de sus bandos enemigos, en tanto forma de retaliación y de amedrentamiento de sus comunidades.

4. La violencia sexual contra las mujeres, jóvenes y niñas que son reclutadas por los grupos armados al margen de la ley, violencia sexual que incluye en forma reiterada y sistemática: la violación, la planificación reproductiva forzada, la esclavización y explotación sexuales, la prostitución forzada, el abuso sexual, la esclavización sexual por parte de los jefes o comandantes, el embarazo forzado, el aborto forzado y el contagio de infecciones de transmisión sexual.

5. El sometimiento de las mujeres, jóvenes y niñas civiles a violaciones, abusos y acosos sexuales individuales o colectivos por parte de los miembros de los grupos armados que operan en su región con el propósito de obtener estos su propio placer sexual.

6. Actos de violencia sexual contra las mujeres civiles que quebrantan con su comportamiento público o privado los códigos sociales de conducta impuestos de facto por los grupos armados al margen de la ley en amplias extensiones del territorio nacional.

7. Actos de violencia sexual contra mujeres que forman parte de organizaciones sociales, comunitarias o políticas o que se desempeñan como líderes o promotoras de derechos humanos, o contra mujeres miembros de sus familias, en tanto forma de retaliación, represión y silenciamiento de sus actividades por parte de los actores armados.

8. Casos de prostitución forzada y esclavización sexual de mujeres civiles, perpetrados por miembros de los grupos armados al margen de la ley.

9. Amenazas de cometer los actos ya enlistados, o atrocidades semejantes.

Se determinó, entonces, la gama de comportamientos que ejercen los grupos armados en Colombia en contra de las mujeres; no obstante, y de acuerdo con las investigaciones que se han realizado, dichas conductas no han sido judicializadas en su totalidad, pues como ya se dijo las mujeres temen contar lo que les ha ocurrido.

En el informe "Basta Ya", del Centro de Memoria Histórica, se indica que los objetivos de la violencia sexual en Colombia fueron:

1. Para atacar a las mujeres por su condición de liderazgo. En este caso, han sido víctimas de violencia sexual mujeres indígenas que ocupan un lugar de autoridad dentro de sus pueblos, así como mujeres líderes que representan a un grupo social específico, una fuerza política o que cumplen un

papel central en la comunidad (maestras, parteras o promotoras de salud). Ellas son victimizadas porque son voceras de reclamos colectivos o desempeñan un papel central en la reproducción de la vida social y cultural de una comunidad.

Por ejemplo, en la masacre de Bahía Portete, perpetrada el 19 de abril del 2004, el Bloque Norte de las Autodefensas usó la violencia sexual de manera premeditada y estratégica contra mujeres líderes seleccionadas para devastar física y moralmente a las comunidades y provocar así su destierro.

2. Para destruir el círculo afectivo de aquellos considerados como enemigos. En casos de mujeres estigmatizadas, como novias o familiares de presuntos enemigos, los paramilitares practicaron la tortura e incluyeron en esos eventos ejercicios de violencia y humillación sexual.

3. Para "castigar" conductas transgresoras o ignominiosas desde la perspectiva de los actores armados. Además de violentar a las mujeres tildadas de estar involucradas emocionalmente con el supuesto enemigo, los paramilitares usaron violencia sexual para castigar a mujeres que tuvieran conductas juzgadas por los comandantes como inapropiadas o inaceptables dentro del "buen orden" que ellos deseaban imponer.

4. Violencia sexual articulada a prácticas culturales. En el caso del dominio establecido por Hernán Giraldo en la Sierra Nevada de Santa Marta se encontró que este comandante construyó, respaldado en las armas, unas relaciones de lealtad política, social y económica con los residentes de la Sierra al usar patrones clientelistas y ampararse en prácticas culturales. A cambio de seguridad y prebendas, El Patrón obtuvo acceso a las jóvenes vírgenes del lugar, con la aquiescencia silenciosa de los lugareños.

5. Violencia sexual orientada a generar cohesión entre los integrantes de grupos paramilitares y el afianzamiento de sus identidades violentas.

Esto, simplemente, pone en evidencia que la mujer ha sido vulnerada por el hecho mismo de ser mujer en el conflicto armado en Colombia, y que a pesar de los grandes esfuerzos institucionales y las decisiones de la Corte Constitucional, no se ha logrado que se sepa toda la verdad de lo ocurrido, como ya tantas veces se ha dicho por el temor de las mujeres de contar lo ocurrido, por la falta de atención institucional, que implica un cambio en la percepción de los estereotipos de hombre-mujer en la sociedad.

En Colombia, la Ley 1719 del 2014 dio el carácter de delito de lesa humanidad a la violencia sexual ocurrida en el marco del conflicto armado, siendo este un gran paso para la construcción de la verdad de la violencia sufrida por la mujer por parte de los actores armados.

Con lo anterior se logró, además, la imprescriptibilidad de los delitos sexuales en el marco del conflicto, lo que amplía las posibilidades de judicialización de los mismos a pesar de haber transcurrido años de la comisión de los hechos.

Ahora bien, la violencia sexual y la violencia basada en género exigen una metodología de investigación especial; pues, en primer término, muchos de los hechos denunciados ocurrieron dentro de

un contexto especial, particular para cada zona de influencia del grupo armado, así como para cada grupo se dieron particularidades en su accionar.

Del mismo modo, se debe tener en cuenta que estos crímenes no se cometieron de forma aislada y, por tanto, deben ser investigados de forma articulada y sistemática, ya que este fue el contexto en el que se desarrollaron, y aunque las organizaciones armadas no han reconocido la violencia sexual como una práctica dentro de sus filas, ha quedado en evidencia que la misma fue ejercida de forma constante y consistente dentro de su accionar para someter a la sociedad.

Con la definición de la violencia sexual como crimen de guerra, se ha logrado que se judicialicen crímenes de primera mano a los comandantes y jefes de los grupos armados, por línea de mando, en donde no solamente se condena el hecho, sino que se definen patrones de macrocriminalidad que describen el accionar de los grupos armados, y queda en evidencia el despliegue violento en contra de la mujer.

Esto puede ser definido como un patrón de macrocriminalidad que se conforma, pues, por un conjunto de prácticas generales, sistemáticas y reiteradas desarrolladas por el GAOML en un área y periodo de tiempo determinados, de los cuales se pueden extraer conclusiones respecto al grado de responsabilidad penal de sus integrantes y los móviles y *modus operandi* que guiaban el accionar de la organización.

Como quiera que es necesaria la implementación de reglas especiales de procedimiento para la denuncia e investigación de los delitos de violencia sexual en el marco del conflicto armado, las normatividades internacional y nacional se han preocupado por no revictimizar a las mujeres, como tampoco permitir que con los protocolos tradicionales de investigación se fomente la impunidad de estos delitos, se han determinado unos procedimientos especiales que garantizan a la mujer un adecuado acceso a la administración de justicia, y que pueden resumirse así:

1) La ausencia del consentimiento por parte de la víctima, como un punto central en el análisis de la comisión de los hechos y la valoración probatoria, y 2) La importancia de la declaración rendida por la víctima y la procura de evitar su repetición o corroboración.

En cuanto al consentimiento, debe aclararse que este no puede inferirse de comportamientos como relaciones sentimentales con el victimario, o no haberse negado de viva voz, pues el temor que este haya infundido en la víctima impide que sus manifestaciones se voluntad sean auténticas.

En tal sentido se afirma que no podrá inferirse el consentimiento cuando media la fuerza o el aprovechamiento de un entorno coercitivo, es decir, que la fuerza puede ser física o psicológica con el fin de lograr ese consentimiento para acceder a las pretensiones sexuales del victimario. Igual suerte cuando la víctima no está en la capacidad de dar el consentimiento, pues puede ser que sea incapaz de resistir o puesta en esa situación; el silencio no puede ser tenido como consentimiento, y finalmente la honorabilidad o el comportamiento anterior o posterior de la víctima no puede ser tenido como consentimiento de la violencia sexual.

En Sentencia T-453 del 2005, con ponencia de Manuel José Cepeda, la Corte Constitucional acogió esta regla contenida en el literal d) del Art. 70 del Estatuto de Roma y, en consecuencia, ordenó

excluir un grupo de pruebas del acervo probatorio de un proceso penal por el delito de acceso carnal en persona en incapacidad de resistir, toda vez que consideró que con la admisión y práctica de estas pruebas, orientadas a indagar sobre el comportamiento sexual de la víctima con anterioridad a los hechos objeto de investigación, el juez del caso había vulnerado los derechos a la intimidad y al debido proceso de la víctima. De lo contrario, de acuerdo con lo manifestado por la Corte Constitucional, "el proceso penal se apartará de sus finalidades primigenias –la realización de la justicia y la aclaración de la verdad– y se transformará en un mecanismo de reproducción de perjuicios sociales adversos a las mujeres víctimas de conductas que podrían configurar delitos en contextos sexuales".

De otro lado el numeral 4º de la regla 63 del Manual de Procedimiento y Prueba del Estatuto de Roma, que reproduce el Art. 96 del Estatuto del TPIY, se tiene que no se debe exigir la corroboración del testimonio de una víctima, pues esto deriva en una vulneración directa de su dignidad.

Como consecuencia de lo anterior, se ha impuesto la necesidad de eliminar el énfasis exclusivo en el examen médico legal, poniendo en consideración la existencia de secuelas no físicas en casos de violencia sexual, más aún si se tiene en cuenta que, en muchos casos la denuncia del hecho se da muchos años después de la ocurrencia del mismo, lo que implica que los vestigios de este pueden haber desaparecido.

El panorama no es nada alentador para la mujer víctima del conflicto armado, pero aún más paupérrimo es el de la mujer que ha sido víctima de violencia sexual y/o violencia basada en género, pues ello conlleva una carga adicional y es la estigmatización social, y en muchos casos la familiar y hasta la propia, pues algunas mujeres sienten que fueron las causantes del hecho que sufrieron.

Es por ello que la violencia basada en género trasciende la esfera misma de la intimidad de la mujer, y afecta a la sociedad, pues la mujer es la base fundamental de la familia, y por ende de la sociedad, y una mujer afectada no podrá ejercer el papel de madre y educadora del mismo modo que una mujer sana; lo que implica que el Estado, a través de sus instituciones, apueste de forma certera por la recuperación y atención integral de la mujer víctima del conflicto armado.

Es necesario que se tomen las medidas necesarias para atacar, desde todos los ángulos, el problema sociocultural que padecen las mujeres y que se ve, de una forma exponencial, aumentado en el marco del conflicto armado, en donde la mujer queda en medio, por completo desamparada y vulnerable a los embates de los grupos armados, sea cual sea su condición, principalmente por el hecho de ser mujer.

Justicia de género y paz: la mujer transformadora de la sociedad

En primer lugar, es importante señalar que, para lograr justicia de género en el marco del conflicto armado colombiano, se hace necesaria la visibilización de todas las formas de violencia contra las mujeres, cometidas por los actores armados del conflicto en Colombia; la concienciación y el cambio de la sociedad frente a la mujer y su papel dentro de la guerra y, finalmente, el acceso a la justicia para la judicialización de los autores y la reparación de las víctimas.

Por ello la justicia constituye un derecho fundamental para garantizar no solo la judicialización y condena de los autores de los hechos dañinos contra la mujer, sino el instrumento clave para lograr la reparación integral de la mujer, y de la sociedad, teniendo como principio que la mujer es el pilar fundamental de la misma, y es a través de ella que se consolida el proceso de formación de las futuras generaciones.

No debe perderse de vista el impacto que genera la violencia contra la mujer en una sociedad; más en Colombia, en donde la mujer aún tiene funciones tradicionales asignadas, como el cuidado del hogar y los hijos, lo que implica, entonces, que los alcances de la violencia contra la mujer exceden las esferas de la misma mujer para alcanzar a su familia, y a la sociedad a la cual esta pertenece.

Ahora bien, esto implica no solamente el acto mismo de violencia contra la mujer como ser individual, sino la violencia basada en género como arma de guerra en el conflicto armado, en donde la mujer fue utilizada para atacar al enemigo, ejercer presión sobre la sociedad y generar temor.

Referencias bibliográficas

Acuerdo final de La Habana. 24 de agosto del 2016.

Acuerdo refrendado de La Habana. 12 de noviembre del 2016.

Aguado, A. (2005). "Ciudadanía, género y democracia". En: *Revista de Historia Constitucional* (revista electrónica), N.º 6, pp. 11-27.

Bengoechea, M. (2005). "Necesidad de poseer cuerpo y nombre para acceder plenamente a la ciudadanía". En: Congreso Internacional Género, Constitución y Estatutos de Autonomía. Madrid: INAP.

Centro de Memoria Histórica (2013). Informe "Basta Ya", p. 305. Recuperado de: http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/informes2013/bastaya//basta-ya-memorias-guerra-dignidad-12-se

Corte Constitucional. Sentencia T-453 del 2005. M. P. Manuel José Cepeda.

Cuestiones esenciales sobre género 01. Acsur.

http://procesopazcol.blogspot.com.co/2012/11/resumen-del-proceso-de-paz-en-colombia.html de Luis Jaime Acosta

Lamas, M. (2007) "Género es cultura". En: V Campus Euroamericano de Cooperaçao Cultural. Almada, Portugal.

Mujeres y conflicto armado. Usaid, Organización Internacional para las Migraciones, Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas, Todos por un nuevo país.

ONU Mujeres. En busca de la justicia, el progreso de las mujeres en el mundo. Recuperado de: file:///C:/Documents%20and%20Settings/JUASAL/Escritorio/SP-Report-Progress%20UN%20Women.pdf

Solano, N. & Sepúlveda, M. (2008). *Metodología de la investigación social y jurídica*. Bogotá: Editorial Ibáñez.

VII y VIII Informe Combinado de Colombia al Comité de las Naciones Unidas para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer (2011). Bogotá.

CAPÍTULO 10.

METABOLISMO Y FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA EN *Staphylococcus aureus*[1]

Liliana Muñoz Molina
Cristian Alexander Castillo Sánchez
Laura Camila Viuche Malaver
Angie Carolina Sierra Vargas
Cristian Alejandro Ricaurte Pérez
Jeannette Navarrete Ospina
Gladys Pinilla Bermúdez

Introducción

Staphylococcus aureus es un microorganismo patógeno y comensal, causante de infecciones de piel (forúnculos, abscesos, orzuelos, impétigo), del tracto urinario, de las vías gastrointestinales, neumonía, osteomielitis, endocarditis, tromboflebitis, mastitis, meningitis, contaminación de heridas quirúrgicas, traumatismos y dispositivos médicos permanentes, síndrome de *shock* tóxico (SST) y septicemia. Las patologías clínicas se dan especialmente en individuos inmunocomprometidos y recién nacidos; presenta una resistencia parcial o total al efecto de algunos antibióticos, fenómeno que inició con la introducción de la penicilina y la rápida aparición de cepas productoras de penicilinasas codificadas por el gen *blaZ* (Szweda, *et. al.*, 2012, Nair *et al.*, 2014).

Estas cepas se han diseminado de forma gradual a todo el mundo, y para finales de los años noventa surgieron las primeras cepas con sensibilidad disminuida a los glicopéptidos, posiblemente por su capacidad de adquirir nuevos factores de resistencia mediante mutaciones puntuales en su ADN o por elementos exógenos de transferencia horizontal, como plásmidos, secuencias de inserción y transposones; esto implica una participación activa de todos los factores de virulencia de la bacteria para su efectiva colonización e infección, lo que causa un aumento en la tasa de mortalidad y morbilidad, así como en los costos por incremento en las estancias hospitalarias, situación que se ha convertido en una amenaza para la salud pública (Correa & Jiménez, 2009).

La biosíntesis conjunta de la estructura celular, que le confiere patogenicidad y resistencia a *S. aureus*, está dada por una serie de reacciones químicas catabólicas y anabólicas en las que se transforman las sustancias orgánicas e inorgánicas disponibles en el medio exterior. El proceso metabólico generalmente inicia por la hidrólisis de macromoléculas por medio de enzimas extracelulares ancladas a la membrana celular, donde se obtienen moléculas más pequeñas, como monosacáridos,

1 Proyecto: Uso de péptidos antimicrobianos en modelos *in vitro* como estrategia de inhibicion de la biopelícula en *Staphylococcus* sp.

péptidos cortos y ácidos grasos, que pueden ser transportadas al citoplasma para ser biotransformadas en un producto intermedio universal, el ácido pirúvico, que puede ser usado para la producción de energía en forma de ATP y la síntesis de nuevas macromoléculas estructurales o funcionales (Nair *et al.*, 2014).

Metabolismo en el *Staphylococcus aureus*

Para el metabolismo de la glucosa, principal fuente de carbono, existen tres vías catabólicas: la glucólisis o de Embdem-Meyerhof-Parnas (EMP), vía de la pentosa fosfato o de Entner Doudoroff, y la vía de hexosa monofosfato o de Warburg Dickens; en todas estas se da una transferencia de hidrogeniones con la liberación final de energía en forma de ATP y NADH. La ruta metabólica a tomar depende de la presencia de oxígeno y de las enzimas presentes en la bacteria (Corrales *et al.*, 2013, Carrel *et al.*, 2015).

En los *S. aureus* no se conoce el uso de la vía de Entner Doudoroff (Ferreira, *et. al*, 2013), pero al ser aerobios y anaerobios facultativos tienen la capacidad de adaptarse a ambientes fluctuantes de oxígeno mediante diversas estrategias genéticas y metabólicas que se solapan una a la otra (Gottschalk, 1986). En condiciones normales de aerobiosis, la vía usada en el catabolismo de la glucosa es la glucólisis; comienza con la fosforilación de la glucosa para formar glucosa 6-fosfato, proceso que requiere energía proveniente del ATP; lo mismo ocurre en la tercera reacción, cuando se convierte la fructosa-6-fosfato en fructosa-1,6-difosfato, siendo esta primera etapa un período de inversión de recursos energéticos, y su reserva se da en la séptima y décima reacción por medio de la fosforilación a nivel sustrato, con el uso del producto intermedio ADP para generar ATP (Roilides *et al.*, 2015).

Por otra parte, en presencia de oxígeno, el NADH, otro metabolito intermedio, puede ser convertido a ATP el entrar en la cadena de electrones. Asimismo, en condiciones aeróbicas el piruvato o ácido pirúvico, producto final de la vía EMP, es oxidado hasta dióxido de carbono a través del ciclo de los ácidos tricarboxílicos (ATC) lo que produce energía adicional y genera metabolitos, como el acetil-CoA, FADH, NADH y GTP. Este ciclo permite amplificar la generación de ATP por mol de glucosa que la glucólisis por sí sola (Xu *et al.*, 2016).

En condiciones microaerofílicas o con restricción de oxígeno, la cadena respiratoria opera limitadamente, el ciclo de los ATC es incompleto y se provoca una interferencia metabólica de la glucólisis; por tanto, para proceder con el catabolismo glucolítico se requiere actividad de vías alternativas requeridas en el reciclaje de nicotinamida-adenina dinucleótido (NAD+), todo esto se traduce en menores tasas de utilización y aprovechamiento de la glucosa (Cercenado, 2009).

En condiciones anaerobias, *S. aureus* deja de realizar procesos oxidativos y pasa a los fermentativos, como el de piruvato a lactato, que favorece el reciclado NAD+; el medio primario para la producción de energía es la fosforilación a nivel de sustrato. No existe transporte de electrones aerobio e, igual que en los ambientes microaerófilos, el ciclo de los ATC es incompleto, por lo que se produce solo la primera conversión y se evita la utilización de otros compuestos como aminoácidos, ácidos grasos y lactato (Yarwood *et al.*, 2015).

Por lo mencionado, estos factores favorecen la inducción de la transcripción de los genes glucolíticos y fermentativos, mientras que reprimen los genes implicados en el ciclo de los ATC y del complejo piruvato deshidrogenasa, proceso de regulación en el que tiene una participación activa Rex, donde un gen represor detecta el estado redox de la célula y regula las vías metabólicas (Gottschalk, 1986).

Según un estudio realizado *in vivo* en ratones, cuando la glucosa se encuentra disminuida *S. aureus* logra mantener un crecimiento exponencial debido a un cambio, o *switching*, para la utilización aeróbica de lactato, en lugar de utilizar el acetato en exceso, lo que puede presentar una ventaja en microbiomas del huésped, como la piel y la cavidad nasal, donde las concentraciones de oxígeno son altas y la concentración de monosacáridos libres es baja; asimismo, puede aprovechar el lactato que es excretado como desecho metabólico por parte de bacterias comensales y patógenas con las que habita, por ejemplo los *Streptococcus spp.* (Gottschalk, 1986).

Curvas de crecimiento bacteriano

De esta manera, al estudiar lo registrado en la literatura y realizar ensayos microbiológicos, podemos tener una idea clara del porqué *S. aureus* es un microorganismo cosmopolita, competitivo, ávido y persistente. Mediante la realización de curvas de crecimiento se puede observar la viabilidad, comportamiento metabólico bacteriano, desarrollo y proliferación, lo que permite identificar las fases del crecimiento bacteriano, dentro de las que se reconocen claramente tres fases:

(i) *Fase de latencia* (LAG), en la cual la tasa de crecimiento es muy baja y solo es detectable una pequeña cantidad de células que inician un proceso de adaptación al medio (Madar *et al.*, 2013).

La fase LAG, o de adaptación del microorganismo al medio, se activa para iniciar el aumento de expresión de genes importantes en el crecimiento (Ramírez *et al.*, 2005); para ello debe fermentar la fuente de carbono de que dispone en el medio (Zumbado *et al.*, 2006). Se conoce que un acortamiento de la fase LAG puede llevar a cambios radicales en la supervivencia de la célula, lo cual va a favorecer la capacidad de tolerar medicamentos como las quinolonas y las tetraciclinas (Chukwudi & Good, 2015), y de esta manera incrementar la resistencia bacteriana. Esta fase, a su vez, se subdivide en dos:

a. Fase LAG 1: las células inician un proceso de adaptación a las condiciones ambientales, como: pH, temperatura, actividad acuosa, la división celular no es inmediata, por tanto no hay crecimiento de biomasa visible, los promotores están inactivos y la actividad metabólica es intensa y regulada, con el fin de asimilar la fuente de carbono específica en el medio, como Luria Bertain (LB), el cual contiene peptona de caseína y extracto de levadura, que proporcionan al medio los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de los microorganismos; adicionalmente, tiene cloruro de sodio para mantener el equilibrio osmótico (Probiotek, 2017).

b. Fase LAG 2: favorece el crecimiento, pero no hay división celular por medio de los genes metabólicos y ribosomales (Silvera *et al.*, 2002), se observa una mayor tasa de supervi-

vencia en un ambiente de estrés, las células son capaces de regular su metabolismo para disminuir la densidad celular y luego iniciar el proceso de fisión en el momento más conveniente (Lin *et al.*, 2016). También pueden sumarse las mutaciones que se dan en este punto, que en un principio se verán incrementadas en la fase exponencial (Zumbado *et al.*, 2006).

Esta fase puede ser modificada por la inducción de un operón (*Hok/Sok,* por ejemplo) o por un cambio brusco en el gradiente de temperatura; al incrementarse el gradiente, se extiende la fase, pero al disminuirse parece no inducir un cambio tan evidente y la fase se mantiene estable (Wahl & Zhu, 2015).

(ii) *Fase exponencial*, o logarítmica: se divide en dos, siendo la primera una fase de aumento del tamaño, y la segunda el incremento de la tasa de multiplicación; el crecimiento se observa de manera ascendente (Madar *et al*., 2013).

El fin de Lag 2 marca el inicio de la siguiente fase, la exponencial (también conocida como fase logarítmica, o *Log phase*), la cual es más susceptible a los antibióticos, inicia con el aumento de la replicación de cromosomas, crecimiento y reproducción por fisión binaria, donde el número de células será multiplicado cada hora, no siempre en una relación lineal entre las variables tiempo-número de células, ya que el crecimiento depende de los metabolitos sintetizados en su nuevo ambiente de otros factores, como la cantidad de nutrientes disponibles, pH o temperatura (Chukwudi & Good, 2015).

En esta fase gobierna la expresión de genes estacionarios de carácter inducible, ya que los cambios presentados en la fase anterior actúan como reguladores globales del control osmótico en la expresión de genes. Esta inducción de genes tiene como resultado un aumento en la producción de ARNm, necesario para asegurar el objetivo principal de la fase exponencial, el cual es aumentar más en número que en tamaño, y, dependiendo de la estabilidad de este ARNm, se verá afectada la cantidad de población total al final de la fase; como resultado obtenemos una velocidad de crecimiento constante y la población más uniforme en cuanto a procesos biosintéticos (Chukwudi & Good, 2015).

Adicional a esto, la estabilidad del ARNm dará origen a mutaciones, que pueden ser benéficas o malignas para el crecimiento en general de la población, pues es en esta fase donde el material genético es más susceptible de sufrir cualquier clase de alteración, ya que, como se mencionó, el objetivo principal es incrementar en cantidad, lo cual lleva a la maquinaria, tanto genética como biosintética, a trabajar en su máxima expresión, lo que la hace más sensible a cualquier clase de error, que puede tener repercusiones al momento de finalizar la fase (Chukwudi & Good, 2015).

En esta fase el tiempo de generación, el cual es el intervalo que le toma a una bacteria para dividirse e incrementar el número de células, se puede calcular para observar su máxima potencia con la siguiente fórmula:

$$\text{El tiempo de generación} = \frac{\text{Intervalo de tiempo (t)}}{\text{número de copias generadas (n)}}$$

Esto explica el incremento en número de células, pues en condiciones favorables el tiempo de generación es muy corto y tiene gran efectividad. En esta fase todas las células tienen un alto grado de viabilidad, y su actividad promotora está en su más alta proporción; otra diferencia radica en la tasa exponencial, que evidencia el aumento del metabolismo para ganar biomasa por cada célula, para finalmente dividirse; es por completo incrementada y constante, lo que aumenta la totalidad de la biomasa (Wahl & Zhu, 2015).

Se ha observado que esta fase suele tener una duración más estable; es decir, es menos variable que la fase anterior y se comprende por la competencia entre las células para utilizar los nutrientes del medio. Es importante anotar que ante cualquier cambio radical o condición de estrés, la producción de ARNm se verá alterada, y dará como resultado un cambio al final de la fase. Un ejemplo de esto es lo demostrado por Anderson et *al*., en donde se rectifica que ante cambios violentos de temperatura la célula tiende a modular la producción de ARNm y a estabilizarse, dependiendo de la respuesta ante la cual esté sometida (Anderson K. *et al.,* 2006).

(iii) *Fase estacionaria*: es donde el proceso de multiplicación se ve moderado debido a la acumulación de metabolitos tóxicos, materiales de desecho y máxime por la falta de nutrientes, que no permiten la multiplicación, y el número de células se mantiene constante; sin embargo, no hay distinción entre la masa muerta y la biomasa viva (Rickett, 2015, Schultz & Roy, 2013).

En cuanto la densidad aumenta, la maquinaria celular empieza eventualmente a disminuir para iniciar la fase estacionaria, la cual se caracteriza porque no hay aumento ni descenso neto del número total de células, debido a la disminución de nutrientes, y es en este momento que las bacterias utilizan nuevas formas de metabolismo para sobrevivir, en algunos casos producen metabolitos secundarios que pueden ser usados como antibióticos (Fey & Olson, 2010).

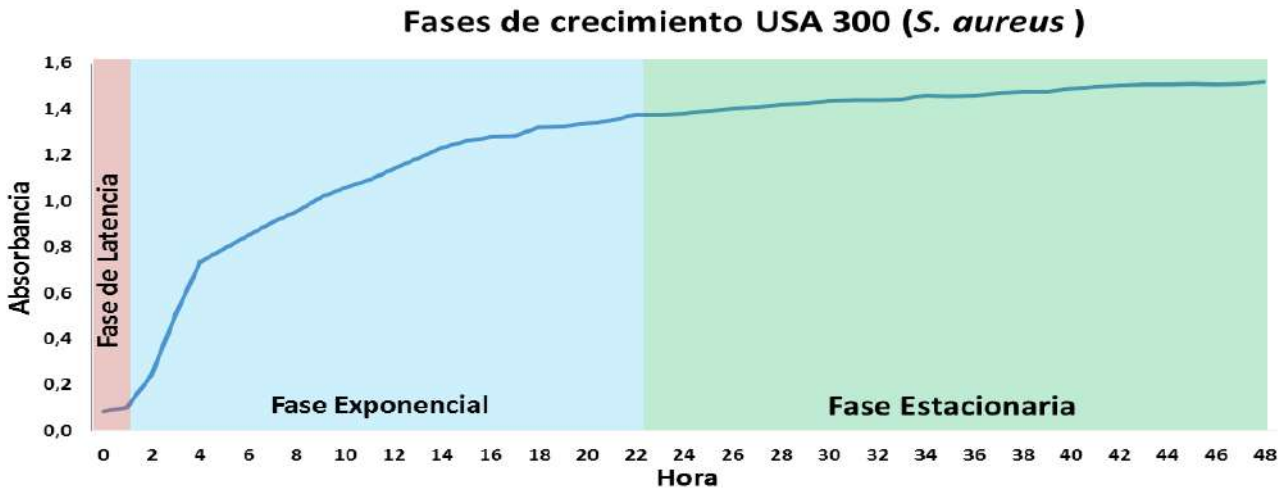
Puede presentarse una alteración de radicales libres y la actividad metabólica sufre un cambio brusco, lo que se conoce como el efecto diaúxico, el cual consiste en la adaptación del metabolismo bacteriano para asimilar un nutriente o fuente de carbono, que antes se consideraba como secundario, a primario. Un ejemplo de este proceso se evidencia con el caldo de cultivo LB, en el cual su componente principal es el extracto de levadura, siendo un metabolito empleado de preferencia por bacterias como *Escherichia coli* o el *S. aureus;* sin embargo, al ser metabolizado por completo, la célula debe adaptarse para obtener energía del metabolito secundario (Anderson *et al.,* 2006, Wahl & Zhu, 2015).

En este caso la peptona de caseína, para lo cual se requiere tiempo debido a que la bacteria debe sufrir un redireccionamiento genético que le permita producir enzimas catalíticas dirigidas hacía el segundo componente. Una vez se alcanza el equilibrio en esta producción, se inicia la metabolización y es allí donde ocurre el efecto diaúxico teniendo la posibilidad de mantenerse viable con base en fuentes de energía opcionales; este proceso no lo realizan todas las bacterias, en razón de su metabolismo y a que a cada una de estas le lleva un tiempo diferente para adaptarse al medio (Madar *et al*., 2013).

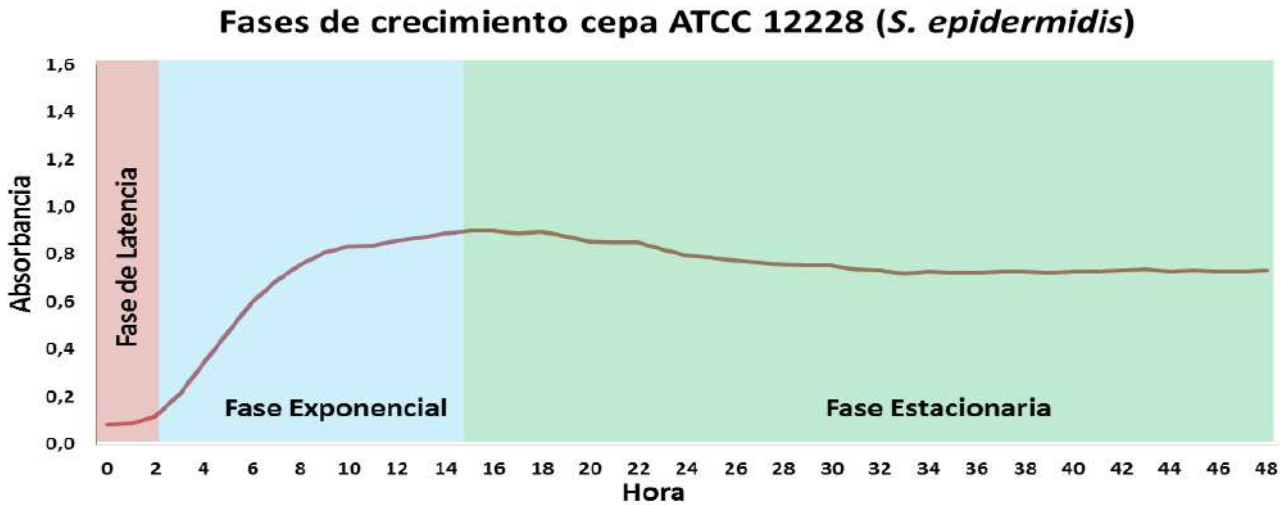
Algo que se debe resaltar es que, si bien este efecto alarga la fase exponencial, no lo realiza de manera tan rápida o logarítmica como en la primera ocasión, pues la célula siempre elige como primera opción la fuente de carbono que le permite multiplicarse de manera más rápida. Finalizado este punto, los nutrientes han sido consumidos en gran proporción, pero no en su totalidad, y se inicia la acumulación de metabolitos tóxicos; no se sabe con certeza qué porcentaje de la biomasa total muestra viabilidad (Anderson *et al.,* 2006).

Fase de muerte

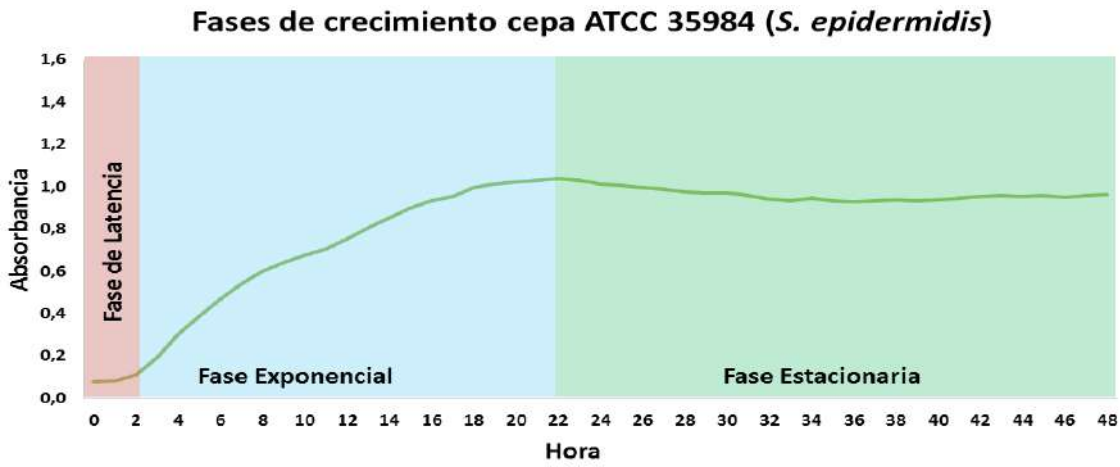
Cuando los metabolitos tóxicos aumentan y los nutrientes disminuyen se inicia la última fase, la de muerte, en la cual se evidencia la disminución del número de células viables. La limitación de nutrientes, combinada con la acumulación de metabolitos tóxicos y que el espacio total ha sido ocupado, conduce a la muerte de las células, con lo que se finaliza el ciclo que compone el crecimiento bacteriano (Chukwudi & Good, 2015).



Curva de crecimiento de la cepa *S. aureus USA 300* durante 48 horas, obtenidas con equipo BioScreenC.



Curva de crecimiento de la cepa *S. epidermidis ATCC 12228* durante 48 horas, obtenidas con equipo BioScreenC.

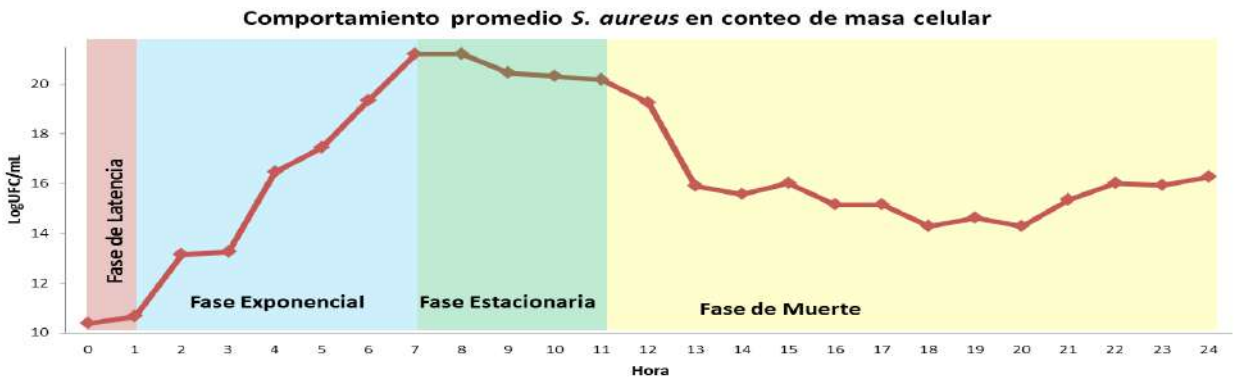


Curva de crecimiento de la cepa *S. epidermidis ATCC 35984* durante 48 horas, obtenidas con equipo BioScreenC.

Por tanto, conocer el comportamiento del crecimiento bacteriano de los *S. aureus* mediante métodos automatizados es más preciso cuando se compara con el conteo de masa celular, lo que permitirá implementar estrategias terapéuticas alternativas, como el uso de péptidos antimicrobianos, donde se podrá evidenciar en qué forma afecta el crecimiento, ya sea como bacteriostático, bactericida o sin actividad (Chukwudi & Good, 2015).

Entender las fases de crecimiento bacteriano permite comparar las curvas obtenidas por el método automatizado y el conteo de masa celular manual, debido a que el aumento de la biomasa es evidente pero no determinante para viabilidad, y con las curvas de crecimiento, teniendo en cuenta que evalúan densidad óptica, no es posible distinguir la fase de muerte (Chukwudi & Good, 2015).

En la microbiología y sus aplicaciones en la biotecnología, es importante conocer la biomasa presente en una o más etapas de un proceso en el que se produce un crecimiento poblacional de microorganismos, para tal fin existen métodos que evalúan la densidad celular en función al tiempo; el método directo de recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) es el más usado y el que se utiliza como estándar para desarrollar la comparación con los otros métodos (Niño, 2010), esto debido que, a diferencia de otros, permite contabilizar el crecimiento de células viables, es decir células que pueden dar una descendencia (Alonso & Poveda, 2008; Madigan *et al.*, 2003).



Este método se fundamenta en la capacidad dinámica para adaptarse a los parámetros medioambientales, mediante una amplia variedad de acomodaciones genotípicas y fenotípicas, al realizar las modificaciones apropiadas en la síntesis de enzimas para su crecimiento o desviar a otras rutas metabólicas al encontrar obstáculos cuando los nutrientes son limitados, lo que ocasiona un aumento en su masa y tamaño para posteriormente dividirse por fisión binaria; así como en la capacidad de dichas células para desarrollar una colonia visible (Niño, 2010, Alonso & Poveda, 2008).

Factores de virulencia y *quorum sensing* en *Staphylococcus aureus*

Estos procesos ya mencionados se pueden ver afectados por los factores de virulencia presentes en cada uno de los microorganismos; en el caso de los *S. aureus* podemos encontrar unas toxinas que son secretadas, como las exotoxinas (SEs), toxina del síndrome del *shock* tóxico (TSST-1) y Panton-Valentine Leucocidina (PVL), además cuenta con enzimas con actividad diversa, como coagulasa, lipasa, hialuronidasa, hemolisinas y modulinas solubles en fenol (PSM); además de poseer una cápsula y la proteína A, la cual se encuentra en la pared celular y es capaz de reconocer moléculas de la matriz extracelular (Nair *et al.*, 2014).

La expresión de la mayoría de estos factores de virulencia en *S. aureus* es controlada por el locus *agr*, que contiene dos operones, donde su expresión depende de dos promotores, P2 y P3; el operón P2 contiene cuatro genes, *agr*B y *agr*D, que tienen como función detectar la densidad celular, además el gen *agr*D codifica el precursor del péptido autoinductor (AIP) y el gen *agr*B probablemente participa en el procesamiento o secreción del AIP. Mientras que los otros dos genes, *agr*A y *agr*C, participan en el sistema de transducción sensorial, donde el gen *agr*C actúa como sensor de membrana y el gen *agr*A como regulador de respuesta, en la detección de *quorum sensing* (QS) en diferentes cepas de *S. aureus* (Rickard *et al.,* 2003; Nazar, 2007).

La expresión del gen *agr* se inicia mediante la coagregación y posterior adhesión de los microorganismos de una especie mediada por interacciones físicoquímicas y adhesinas. El siguiente paso establece una unión irreversible a la superficie y multiplicación de las bacterias. Seguido de la producción de polímeros extracelulares que actúan como un "cemento intercelular" (Rickard *et al.,* 2003).

Luego se da la liberación de las células, mediante sustancias secretadas por las bacterias, como: liasas de alginato, DNAsas, entre otras, originadas por mecanismos hidrodinámicos, donde se forma una interfase líquido-sólido y la velocidad del flujo influye en el desprendimiento físico de los microorganismos (Muro *et al.*, 2012).

Después de esto se activa el sistema de QS, el cual les permite la regulación de los factores de virulencia y colonización, controlado por el gen *agr*, que disminuye la expresión de numerosas proteínas de superficie e intensifica diversos factores de virulencia durante el cambio de crecimiento exponencial tardío en la fase de crecimiento estacionaria *in vitro* (Yarwood & Schlievert, 2003). Este mecanismo es fundamental (autoinducción) y se da por la acumulación de señales moleculares, donde las bacterias perciben el nivel crítico de la densidad celular e inician la expresión coordinada de genes específicos para cambiar su comportamiento simbiótico, y de permanente reconocimiento, hacia una fase multicelular (Muro *et al.*, 2012).

Una vez se alcanza una alta densidad celular, algunas especies, como *S. aureus,* activan la secreción de un polímero, para mediar la adhesión de célula-célula, mientras que otras especies inhiben la secreción del polímero, como por ejemplo *Streptococcus suis*, *Pasteurella multocida* y *Bordetella bronchiseptica,* entre otras (Murray *et al.*, 1997).

Por tanto, en el QS la comunidad celular desarrolla varias características, como el control de detección de densidad celular en la superficie, lo que incluye la posibilidad de lograr la fijación a los sustratos, producción de polímeros extracelulares, síntesis de biosurfactante, esporulación, competencia, bioluminiscencia, secreción de nutrientes, síntesis de compuestos y producción de factores de virulencia (Díaz, 2011).

Biopelícula

Es por esto que el QS es, en un primer momento, un paso crucial para el desarrollo de la biopelícula, que inicia su formación en cualquiera de estos dos procesos: (I) A partir de una célula planctónica, ciertas bacterias tienen la capacidad de desarrollar estructuras de superficie que favorecen la adhesión de las mismas a una superficie sólida, tales como fimbrias y fibrillas. (II) A partir de células desprendidas o de partes de una biopelícula (Díaz, A., 2011).

La biopelícula se define como un agregado funcional de microcolonias o células solitarias, embebidas en una matriz de polímeros extracelulares espacialmente organizadas, las cuales pueden ser monomicrobianas o polimicrobianas, que le permite adherirse a superficies bióticas o abióticas, para sobrevivir a ambientes hostiles, suministrándoles protección (Roilides *et al.*, 2015).

En el humano puede influir de forma sinérgica o antagónica en el desarrollo de la infección, ya que intensifica la resistencia antimicrobiana y aumenta el tiempo de resolución de la patología clínica. Esta interacción no implica una ventaja considerable para los dos microorganismos (células polimicrobianas), pero sí durante cualquiera de las fases principales de la infección: adherencia, crecimiento, evasión del sistema inmune y daño del hospedero (Silvera & Barrios, 2002).

Si se tiene en cuenta la distribución espacial de la biopelícula, esta nos aportará una visión integral no solo de la patología sino de la biodiversidad, estabilidad de la comunidad bacteriana y evolución de la enfermedad; para esto es importante contemplar los factores que influyen de forma directa durante la formación de esta, como: (i) unión de los microorganismos a la superficie, (ii) Coagregación, (iii) Maduración, (iv) Desprendimiento y dispersión de una o un grupo de células (Ramírez *et al.*, 2005).

i. Unión de los microorganismos a la superficie: proceso reversible y en parte aleatorio, impulsado por las fuerzas de movimiento gravitacional browniano y la influencia de las fuerzas hidrodinámicas que rodean a las bacterias, dentro de las cuales encontramos interacciones hidrofóbicas, fuerzas de van der Waals y fuerzas electrodinámicas (Kostakioti *et al.*, 2013).

Existen diferentes variables que resultarán para las bacterias en fuerzas de atracción o de repulsión, como los niveles de nutrientes, el pH, fuerza iónica y temperatura; sin embargo, es de gran importancia la naturaleza hidrófoba de las moléculas de superficie, tanto microbianas como del material, que al interactuar con los componentes del medio modificarán su superficie y con esto la velocidad y fuerza de contacto (Kostakioti *et al.*, 2013).

Si existe una perturbación en las fuerzas hidrodinámicas, o se genera un cambio en la disponibilidad y concentración de nutrientes, las bacterias pueden desprenderse y volver a ser parte de la comunidad de células planctónicas. Las proteínas asociadas a la acumulación (Aap) presentes en la superficie de las bacterias, las autolisinas (AtlA) y los componentes de la pared celular, como ácidos teicoicos y ácidos lipoteicoicos, promueven, debido a sus cargas catiónicas, la incorporación de d-alaninas, proceso determinante en el ataque de los *Staphylococcus spp*. a los biomateriales (Dunne, W., 2002).

ii. Coagregación: es la unión intercelular entre células genéticamente distintas (diferente taxón bacteriano), a menudo mediada por el reconocimiento de un polisacárido en la célula diana por parte de una proteína análoga en la superficie de la célula pareja. Es prevalente en la cavidad oral al formar la placa dental; por ejemplo, los *Streptococcus* forman agregados interdigitados con *Veillonella* spp. y *Actinomyces* spp. en la superficie del diente, con lo que obtienen como ganancia beneficios metabólicos para ambas especies (Stacy *et al.*, 2015).

Las biopelículas se mantienen unidas mediante componentes de la matriz extracelular, como polisacáridos, y por tanto su remodelación puede generar producción o la descomposición de estos componentes. En contraste con la coagregación, la remodelación de la biopelícula a menudo actúa para aumentar la separación entre miembros de la comunidad. Una evolución fenotípica y genotípica paralela en las bacterias, demuestra que la remodelación de la biopelícula puede estar bajo una fuerte selección evolutiva intra e interespecie en escalas de tiempo cortos (Stacy *et al.*, 2015).

La fijación irreversible se alcanza cuando las bacterias pueden resistir las fuerzas de arranque y mantener un anclaje firme en la superficie, esto promovido por señales medioambientales severas, dentro de las cuales se encuentran las interacciones físicoquímicas de la superficie hidrófoba no polarizada, la variación de velocidad de flujo, temperatura y concentración de nutrientes (Castañeda *et al.,* 2009).

Microorganismos móviles, como *P. aeruginosas* y *E. coli,* usan sus organelos motiles especializados (flagelos y pili) para adherirse de manera fuerte y eficaz; sin embargo, al igual que los *Enterococcus*, los *Staphylococcus* no son móviles, y después de varias investigaciones se ha demostrado que en la superficie median diferentes proteínas de adhesión, conocidas como componentes microbianos de superficie "MSCRAMMs", (por sus siglas en inglés, *microbial surface components recognizing adhesive matrix molecules*); estas presentan dominios de unión no covalente para restos de peptidoglicano y también albergan sitios de unión para fibronectina, fibrinógeno, laminina, colágeno IV, y otras proteínas de la matriz humana (Muro *et al.*, 2012).

iii. **Maduración**: una vez adherido al hospedero, los microorganismos generalmente crecen y se organizan en pequeños racimos, estructuras también conocidas como agregados (Murray *et al.*, 1997); en la superficie de contacto se desencadenan respuestas que conducen a cambios de expresión génica, aquí se interrumpe la activación de los genes de crecimiento generales y se inicia la producción del polisacárido adhesina intercelular (PIA), exopolisacáridos, proteínas extracelulares y ADN extracelular (eDNA, por sus siglas en inglés), el cual se considera como indicador de lisis celular, pero también como aporte de nucleótidos que pueden ser empleados como nutrientes, mientras se emiten señales de comunicación dependientes de la densidad celular para coordinar las respuestas celulares a través de *quorum sensing* (Díaz *et al.,* 2011).

Químicamente hablando, el PIA, también nombrado por otros autores como poli-N-acetylglucosamina (PNAG), es un polímero de glucosamina con una estructura bioquímica de β-1, 6-N-acetil-glucosamina y con residuos de D-glucosaminil desacetilados, con carga positiva (Vuong, C. *et al*., 2004), los cuales contienen iones de fosfato y succinato que, a su vez, están unidos por enlaces éster. Se ha observado la existencia de varios estímulos ambientales que alteran la síntesis de PIA, como son la disponibilidad de hierro, la concentración de etanol y condiciones de crecimiento anóxicas (Ta *et al.*, 2012; Contreras & Sepúlveda, 2014).

En *Staphylococcus,* PIA media la adhesión célula-célula y este es producido por la acción de una cadena de enzimas codificadas por el operón *Ica,* que consta de cuatro marcos de lectura abierta (*IcaA-DBC*) y un gen regulador negativo *IcaR* (Cramton *et al.*, 2001), los cuales tienen diferentes funciones:

- Ica A codifica una transferasa N-acetilglucosaminil y es una enzima clave para la síntesis de PIA (Cramton *et al.*, 2001).

- *IcaA* e *IcaD* son proteínas de membrana y actúan de manera coordinada como un uridina difosfato-N-acetilglucosaminiltransferasa (Cramton *et al.*, 2001).

- *IcaC* es una proteína de membrana, existe la hipótesis de que actúa en la translocación de un polisacárido que es sintetizado por *IcaD* a través de la membrana citoplasmática (Cramton *et al.*, 2001).

- *IcaB* se encargaría de la desacetilación de PIA para que esta pueda unirse a la superficie celular y colonizarla para la formación de biopelícula (Cramton *et al.*, 2001).

- *Ica*R es un regulador negativo de la expresión de *ica* ADBC, se produce en respuesta a ciertos estímulos inducidos, como el etanol. Este gen regulador pertenece a la familia de las proteínas represoras de la tetraciclina, las cuales están involucradas en la regulación génica al actuar como activadores o represores de la transcripción (Cerca *et al.*, 2008).

Para la formación y estabilidad de la biopelícula es indispensable que se haya formado la matriz extracelular, mediante la síntesis de exopolisacáridos y macromoléculas, como: proteínas, ácidos nucleicos y productos de la lisis bacteriana; la combinación de estos componentes se denomina sustancias poliméricas extracelulares (SPE), lo cual indica que la arquitectura de esta matriz no es sólida (Islam *et al.*, 2015; Cervantes *et al.*, 2011).

El 90% de la matriz extracelular está compuesta por PIA, pero existen dos tipos de PIA: el tipo I es el más común y está en un 80%, es único y lineal, lo que facilita la interacción electrostática entre los residuos de carga positiva y negativa para darle estabilidad a la biopelícula; mientras que el tipo II es similar al tipo I, pero contiene fosfato y succinato unido a un éster; por tanto, tiene una carga negativa leve y este está en un 20% típicamente (Cervantes *et al.*, 2011).

Debido a que la mayoría de cepas de *S. aureus* poseen el operón *Ica* ADBC, pero no todas son productoras de biopelícula, se ven involucradas las proteínas de superficie MSCRAMMs, las cuales podrían actuar como estabilizadores adicionales de la biopelícula y es muy posible que cooperen con PIA para la adhesión intercelular (Cervantes *et al.*, 2011).

iv. Desprendimiento y dispersión de una o un grupo de células: dentro de la biopelícula madura existe una estructura altamente organizada que contiene canales, en los cuales puede transportar agua, nutrientes y desechos metabólicos, lo que proporciona un entorno de vida favorable para las bacterias; sin embargo, además de dispersión pasiva, provocada por tensiones de cizallamiento, las bacterias han evolucionado de manera tal que pueden percibir los cambios ambientales que les permite reconocer si es beneficioso permanecer dentro de la biopelícula formada o si es el momento de reanudar un estilo de vida planctónica (Murray *et al.*, 1997; Muro *et al.*, 2012).

Los factores que podrían contribuir a la dispersión incluyen fuerzas de arranque mecánicas (flujo sanguíneo), enzimas que digieren la matriz extracelular y la limitación de nutrientes en un biofilm maduro. En *Staphylococcus*, las modulinas solubles en fenol (MSF) controladas por QS en los procesos de separación y control de la expansión por desprendimiento, contribuyen a la diseminación bacteriana (Muro *et al.*, 2012).

Durante la fase de dispersión, las MSFs actúan como péptidos de agente tensioactivo que inhiben las interacciones célula a célula en la superficie de la biopelícula, lo que conduce a la separación de las células bacterianas en la interfase líquido-biopelícula y la propagación sistémica subsiguiente (Murray *et al.*, 1997).

El proceso de dispersión le permite a las bacterias expandir su territorio y colonizar nuevas superficies, órganos o tejidos (Díaz *et al.,* 2011). Factores del huésped, como la lactoferrina y la mucina, son moléculas que, en algunas especies formadoras de biopelícula como *P. aeruginosa,* promueven la motilidad y por tanto evitan la agregación (Murray *et al.*, 1997).

Al entender así la biopelícula, como un factor de virulencia que facilita la adherencia a los biopolímeros para colonizar superficies, influye directamente en los procesos infecciosos, tanto en la persistencia de la enfermedad como en el incremento de la concentración de los antibióticos, que puede ir de 50 a 1.000 veces y favorece la evasión de la respuesta inmune e incrementa la estancia y costos hospitalarios (Samah *et al.*, 1989).

Por todo lo anterior, y viéndolo como un problema de salud pública, es necesaria la búsqueda de tratamientos alternativos que contribuyan a la eliminación de los microorganismos o de la biopelícula. En los últimos años se han desarrollado péptidos antimicrobianos (PAMs) sintéticos, derivados de moléculas producidas naturalmente por plantas o animales, como parte de la respuesta inmune innata, cuyas características son: amplio espectro, relativa selectividad hacia membranas celulares microbianas, capacidad permeabilizante de la membrana citoplasmática y acción bacteriostática o bactericida (Castañeda *et al.,* 2009).

Péptidos antimicrobianos

Bioquímicamente hablando, los péptidos antimicrobianos por lo común son biomoléculas pequeñas compuestas por 12-50 aminoácidos, poseen carga neta positiva (+2 a +11) debido a la presencia de aminoácidos básicos y sus residuos de arginina y lisina que, a su vez, les confieren pH neutro. Son anfipáticos, un lado hidrófobo dado por los aminoácidos no polares y un lado hidrofílico por los aminoácidos polares. Se pueden encontrar diferentes tipos de PAMs: péptidos alfa-helicoidales con una

región anfipática, péptidos con una estructura predominante de hoja lámina beta plegada, que se estabiliza por enlaces disulfuro intramoleculares, péptidos con estructura extendida y péptidos en bucle estructurado con un enlace disulfuro (por ejemplo, microcina) (Castañeda *et al.,* 2009).

El mecanismo de acción se divide en dos fases. La primera se da por la unión electrostática: los aminoácidos básicos de los péptidos antimicrobianos se unen a moléculas cargadas negativamente en las superficies bacterianas expuestas (ácidos teicoicos en Gram positivas y LPS en Gram negativas) (Nazar, 2007; Castañeda *et al.,* 2009).

La segunda fase es la acentuación en el sitio blanco, la bicapa lipídica; la mayoría de péptidos desplazan lípidos, alteran la estructura y forman poros que causan la salida del contenido celular por medio de tres mecanismos:

1) Formación de poros en la membrana citoplasmática de la bacteria: se da mediante interacciones hidrofóbicas y las regiones apolares del péptido, dado por las altas concentraciones de aminoácidos catiónicos (Nazar, 2007; Castañeda *et al.,* 2009).

2) Micelación o disolución de la membrana: los grupos fosfatos son atraídos por cargas electrostáticas, y al cubrir la membrana actúan como detergentes, rompiéndola a través de la formación de micelas (Nazar, 2007; Castañeda *et al.,* 2009).

3) Translocación a través de la membrana lipídica: los péptidos anfipáticos pueden causar una pérdida del balance por unión y deformación (hundimiento) de las balsas o acumulaciones lipídicas en la bicapa, formándose poros transitorios que son letales para los microorganismos (Nazar, 2007; Castañeda *et al.,* 2009).

No obstante, algunos péptidos penetran la membrana celular de una manera no letal por diferentes mecanismos y pueden tener blancos intracelulares e interferir en procesos clave, como la formación del septo de la membrana citoplasmática, síntesis de ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, inhibición de la actividad enzimática o el plegamiento de proteínas asistido por chaperonas; sin embargo, estos péptidos muestran una acción antimicrobiana mucho más lenta (Castañeda *et al.,* 2009).

Dentro de estos péptidos sintéticos se reporta que los derivados de las catelicidinas humanas, denominados LL-37 con gran actividad antimicrobiana y antibiopelícula, como lo demostró el estudio publicado en el 2010 por Hell, E. y colaboradores, en el cual usaron una cepa *S. epidermidis* ATCC 35984, formadora de biopelícula, y el resultado fue que el péptido inhibió la fijación en una superficie artificial y la formación de biopelícula (Hell *et al.,* 2010).

Este péptido LL-37 es producido por leucocitos fagocíticos, que se almacenan en los gránulos de los neutrófilos en forma de propéptidos y son segmentados por la proteasa-3 después de ser liberada; también se encuentran células epiteliales ubicadas en el tracto gastrointestinal y genitourinario, árbol bronquial y en la piel; esta catelicidina tiene estructura α hélice, siendo un péptido catiónico lineal (Oppenheim *et al.,* 2003; Castrillón, 2007).

Asimismo, se ha podido observar en estudios realizados por otros autores, como por este grupo de investigación, que posiblemente el gen regulador icaR se encuentra asociado en la formación de la biopelícula cuando se halla en presencia de glucosa (Hell *et al.,* 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantearon varias estrategias que permitan inhibir la formación de biopelícula, por lo cual otros investigadores que pertenecen al grupo REMA realizaron la síntesis de péptidos análogos, tanto de LL-37 como del gen regulador *icaR* (Hell *et al.,* 2010).

En este orden de ideas, es necesario entender los cambios genéticos y fisiológicos que intervienen en diversos procesos metabólicos de la bacteria, para la formación de este factor de virulencia, y observar sus características fenotípicas y de comportamiento metabólico, que pueden ser evidenciadas y estudiadas mediante el desarrollo de técnicas microbiológicas, como el conteo de masa celular y las curvas de crecimiento bacteriano.

Una vez determinada, se propone demostrar la eficiencia o ineficiencia *in vitro* de péptidos sintéticos análogos a *Ica*R y a LL-37 sobre cepas de *S. aureus* productoras de biopelícula provenientes de aislamientos clínicos, y de resultar eficientes se podrían disminuir notablemente el desarrollo de infecciones intrahospitalarias, asociadas a dispositivos médicos, y asimismo se genera un importante antecedente para futuras investigaciones de eficacia e inocuidad *in vivo* (Pinilla *et al.*, 2015).

Financiación: este trabajo fue financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, mediante la convocatoria 657-2014, código COL0041221, contrato RC651-2014, y por la División de Investigación de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Referencias bibliográficas

Alonso, L., Poveda, J. (2008). Estudio comparativo en técnicas de recuento rápido en el mercado y placas Petrifilm™ 3M™ para el análisis de alimentos (microbiólogo industrial). Pontificia Universidad Javeriana.

Anderson, K., Roberts, C., Disz, T., Vonstein, V., Hwang, K., Overbeek, R., Olson, P., Projan, S., Dunman, P. (2006) Characterization of the *Staphylococcus aureus* Heat Shock, Cold Shock, Stringent, and SOS Responses and Their Effects on Log-Phase mRNA Turnover. *Journal of Bacteriology,* vol. 188, pp. 6739-6756.

Carrel, M., Perencevich, E. N., David, M. Z. (2015). USA 300 Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*, United States, 2000-2013. *Emerg Infect Dis, 21* (11): 1973-1980. Doi: 10.3201/eid2111.150452

Castañeda, J., Ortega, J. A., Venegas, A. M., Aquino, A., Serafín, J., Estrada, S., Estrada, I. (2009). Péptidos antimicrobianos: péptidos con múltiples funciones. *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas, 18* (1): 16-29.

Castrillón, L. E., Palma, A., Padilla, C. (2007). Péptidos antimicrobianos: antibióticos naturales de la piel. *Dermatología Rev Mex,* 51: 57-67.

Cerca, N., Brooks, J. L., Jefferson, K. K. (2008). Regulation of the Intercellular Adhesin Locus Regulator (icaR) by SarA, σB, and IcaR in *Staphylococcus aureus. J Bacteriol,* 190: 6530-6533.

Cercenado, E. (2009). *Staphylococcus lugdunensis*: a unique coagulase-negative staphylococcus. *Enferm Infecc Microbiol Clin, 27* (3): 139-142.

Cervantes, E., García, R., Salazar, P. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab,* 61: 28-40.

Contreras, J., Sepúlveda, M. (2014). Bases moleculares de la infección asociada a implantes ortopédicos. *Rev. Chilena de Infectología,* 31: 309-322.

Corrales, L. C., Ávila, S. L., Estupiñán, S. M. (2013). *Bacteriología, teoría y práctica*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Correa, M., Jiménez, J. (2009). *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina: bases moleculares de la resistencia, epidemiología y tipificación. *Rev Médica Universidad de Antioquia*, *22* (2): 147-158.

Chukwudi, C. U., Good, L. (2015). The Role Of The Hok/Sok Locus In Bacterial Response To Stressful Growth Conditions. *Microbial Pathogenesis*, 79: 70-79. Doi: 10.1016/j.micpath.2015.01.009

Cramton, S., Ulrich, M., Götz, F., Döring, G. (2001). Anaerobic Conditions Induce Expression of Polysaccharide Intercellular Adhesin in *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis. Infect. Immun.,* 69: 4079-085.

DeLeo, F. R., Otto, M. (2004). Polysaccharide intercellular adhesin (PIA) protects *Staphylococcus epidermidis* against major components of the human innate immune system. *Celullar Microbiology,* 6, 269-275.

Díaz, A., Vivas, R., Ahumedo, M., Puerta, L., Arévalo, L., Cabrales, R., Herrera, A. (2011). Biopelículas como expresión del mecanismo de *quorum sensing*: una revisión. *Av Periodon Implantol,* 23: 195-201.

Dunne, W. (2002). Bacterial Adhesion: Seen Any Good Biofilms Lately? Clinical *Microbiology Reviews,* 15: 155-166.

Ferreira, M., Manso, A., Gaspar, P., Pinho, M., Neves, A. (2013). Effect of Oxygen on Glucose Metabolism: Utilization of Lactate in *Staphylococcus aureus* as Revealed by *In Vivo* NMR Studies. *PLoS ONE*, 8 (3): e58277. Doi: 10.1371/journal.pone.0058277

Fey, P., Olson, M. (2010). Current concepts in biofilm formation of *Staphylococcus epidermidis*. *Rev Future Microbiol,* vol. 5, pp. 917-933.

Freeman, D., Falkiner, F., Keane, C. (1989). New method for detecting slime production by coagulase negative staphylococci. *Journal of Clinical Pathology,* 42: 872-874.

Gottschalk, G. (1986). *Bacterial metabolism* (2.a ed.). New York - Berlín, etc.: XIII.

Hell, É., Giske, C. G., Nelson, A., Römling, U., Marchini, G. (2010). Human cathelicidin peptide LL37 inhibits both attachment capability and biofilm formation of *Staphylococcus epidermidis*. *Letters in applied Microbiology, 50* (2): 211-215.

Islam, N., Ross, J., Marten, M. (2015). Proteome Analyses of *Staphylococcus aureus* Biofilm at levated Level's of NaCl. *Clin Microbiol,* 4: 219.

Kostakioti, M., Hadjifrangiskou, M., Hultgren, S. (2013) Bacterial Biofilms: Development, Dispersal, and Therapeutic Strategies in the Dawn of the Postantibiotic Era. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 3* (4): a010306-a010306.

Lin, H., Shavezipur, M., Yousef, A., Maleky, F. (2016). Prediction Of Growth Of Pseudomonas Fluorescens In Milk During Storage Under Fluctuating Temperature. *Journal of Dairy Science, 99*: 1822-1830.

Madar, D., Dekel, E., Bren, A., Zimmer, A., Porat, Z., Alon, U. (2013). Promoter Activity Dynamics In The Lag Phase Of *Escherichia coli*. *BMC Systems Biology*, 7: 136. Doi: 10.1186/1752-0509-7-136

Madigan, M., Martinko, J., Parker, J., Gacto Fernández, M., (2003). Brock: Biología de los microorganismos. Madrid, España: Pearson / Prentice Hall

Marcia, M., Rojas, B. (2011). *Quorum sensing* in beneficial plant-bacteria associations. *Rev. Colomb. Biotecnol.,* 13: 135-143.

Muro, A., Ramírez, F., Avelar, F., Guerrero, A. (2012). Multi-species biofilms: association to survive. *Investigación y Ciencia,* vol. 54, pp. 49-56.

Murray, P., Rosenthal, K., Pfaller, M., Azzi, A. (1997). *Microbiología médica* (2.a ed.). Barcelona, España: Harcourt Brace.

Nair, N., Biswas, R., Götz, F., Biswas, L. (2014). Impact of *Staphylococcus aureus* on Pathogenesis in Polymicrobial Infections. *Rev Infection and Immunity*, *82* (6): 2162-2168. Doi: 10.1128/IAI.00059-14

Nazar, J. (2007). Bacterial Biofilms. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello,* vol. 67, pp. 61-72.

Niño, L. (2010). Implementación de diferentes técnicas analíticas para la determinación de biomasa bacteriana de cepas *Pseudomonas putida* biodegradadoras de fenol. *Rev ION,* vol. 23, pp. 41-46.

Oppenheim, J. J., Biragyn, A., Kwak, L. W., Yang, D. (2003). Roles of Antimicrobial 85 Peptides such as Defensins in Innate and Adaptive Immunity. *Annals of the Rheumatic Diseases,* 62: 17-21.

Pinilla, G., Muñoz, L. C., Salazar, L. M., Navarrete, J., Guevara, A. (2015). Diseño de péptidos basado en la secuencia análoga al represor negativo icaR DE *Staphylococcus sp*. *Rev. Colomb. Quim*., 44: 5-9.

Probiotek. Caldo Luria (Luria Bertani LB) (2017). Recuperado de: http://www.probiotek.com/producto/caldo-luria-luria-bertani-lb/

Ramírez, J., Contreras, G., Gómez, M. (2005). La fase estacionaria en la bacteria *Escherichia coli*. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 47: 92-101.

Rickard, A. H., Gilbert, P., High, N. J., Kolenbrander, P. E., Handley, P. S. (2003). Bacterial coaggregation: an integral process in the development of multi-species biofilms. *Trends in Microbiology,* vol. 11, pp. 94-100.

Rickett, L. M., Pullen, N., Hartley, M., Zipfel, C., Kamoun, S., Baranyi, J., Morris R. J. (2015). Incorporating prior knowledge improves detection of differences in bacterial growth rate. *BMC System Biology*, 9: 60. Doi: 10.1186/s12918-015-0204-9

Roilides, E., Simitsopoulou, M., Katragkou, A., Walsh, T. J. (2015). How biofilms evade host defenses. *Microbiol Spectrum,* 3 (3). Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1128/microbiolspec.MB-0012-2014

Samah, F., Darwish, A., Asfour, H. (2013). Investigation of Biofilm Forming Ability in *Staphylococci* Causing Bovine Mastitis Using Phenotypic and Genotypic Assays. *The Scientific World Journal,* 1-9.

Schultz, D., Roy, K. (2013). Optimization And Control In Bacterial Lag Phase. *BMC Biology*, 11: 120. Doi: 10.1186/1741-7007-11-120

Silvera, L. A., Barrios de Zurbarán, C. (2002). La matriz extracelular: el ecosistema de la célula. *Revista Científica Salud Uninorte*, 16: 9-18.

Stacy, A., Mcnally, L., Darch, S., Brown, S., Whiteley, M. (2015). The biogeography of polymicrobial infection. *Nature Reviews Microbiology*, 14 (2): 1-13. Doi: 10.1038/nrmicro.2015.8

Szweda, P., Schielmann, M., Milewski, S., Frankowska, A., Jakubczak, A. (2012). Biofilm Production and Presence of ica and bap Genes in *Staphylococcus aureus* Strains Isolated from Cows with Mastitis in the Eastern Poland. *Polish Journal of Microbiology*, *61* (1): 65-68.

Ta, Y., Essa, F., Aziz, F., Kazmi, S. (2012). Study on biofilm-forming properties of clinical isolates of *Staphylococcus aureus. J Infect Dev Ctries,* 5: 403-409.

Wahl, L. M., Zhu, A. D. (2015). Survival Probability Of Beneficial Mutations In Bacterial Batch Culture. *Rev Genetics,* vol. 200, pp. 309-320.

Xu, Y., Maltesen, R., Larsen, L., Schønheyder, H., Le, V., Nielsen, J., Thomsen, T., Nielsen, K. (2016). *In vivo* gene expression in a *Staphylococcus aureus* prosthetic joint infection characterized by RNA sequencing and metabolomics: a pilot study. *BMC Microbiology*, 16: 80. Doi: 10.1186/s12866-016-0695-6

Yarwood, J., Schlievert, P. (2003). Quorum sensing in *Staphylococcus* infections. *The Journal of Clinical Investigation*, *112* (11): 1620-1625.

Zumbado, W., Esquivel, P., Wong, E. (2006). Selección de una levadura para la producción de biomasa: crecimiento en suero de queso. *Agronomía Mesoamericana*, 17: 151-160.

CAPÍTULO 11.

CÁTEDRA DE LA UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA, DE FILOSOFÍA DE LOS VALORES PARA LA PAZ: PROPUESTA DESDE LA PEDAGOGÍA DISRUPTIVA Y LA RESILIENCIA[1]

María Elina Fuquen Alvarado
Andrea Cecilia Laiton Romero
Angie Katherin Prieto Upegui
Luisa Fernanda Rairán Parada

Introducción

El presente trabajo fue realizado con el fin de incluir la cátedra de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca de Filosofía de los Valores para la Paz en la Facultad de Derecho, a propósito de la Ley 1732 del 1 de septiembre del 2014, en relación con la obligatoriedad de la creación de una cátedra para la paz en todas las instituciones educativas del país.

Por su parte, la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, en general, tiene la obligación legal de impartir dicha cátedra. Bajo ese entendido, surge la idea de elaborar un proyecto de investigación, y posteriormente ejecutarlo, donde se pueda dar cumplimiento a dicho mandato, el cual estará dirigido a la Facultad de Derecho, entendiendo la relación directa entre quienes elaboran la propuesta y la Facultad mencionada, pero deja abierta la posibilidad de que el resultado de este trabajo pueda ser implementado en otras facultades y programas, y se haga la adaptación necesaria al perfil específico del estudiante o egresado, pero teniendo como presupuesto común que este será el espacio para "(…) crear y consolidar un espacio para el aprendizaje, la reflexión y el diálogo sobre la cultura de la paz y el desarrollo sostenible que contribuya al bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población" (Congreso de Colombia, 2014).

Así las cosas, es un compromiso social, como estudiantes y egresados de la universidad pública Colegio Mayor de Cundinamarca, contribuir a los cambios que se den en la sociedad y a ser parte de los mismos; es por ello que, además de ser este un proyecto, es una responsabilidad social, contribuye con la transición hacia un escenario real de posconflicto que solucione de fondo los factores que dieron origen al conflicto en el país, para lo cual se tuvo como eje transversal la resiliencia y la construcción de la misma a partir de la memoria histórica, puesto que esta permite evidenciar la experiencia que se ha tenido hasta el día de hoy con la firma de acuerdos de paz, como en los intentos de acuerdos en otros gobiernos.

1 Esta publicación es el resultado del trabajo realizado por el grupo de Investigación, convocado según Acuerdo 07 del 8 de marzo del 2016 y aprobado en el Acuerdo 29 del 17 de mayo del 2016.

Acercamiento al marco teórico-conceptual

Para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo séptimo de la Ley 1732 del 2014, el Decreto 1038 de 2015 reglamentó lo referente a la cátedra para la paz. Es importante mencionar que aun cuando dicha reglamentación va dirigida a instituciones públicas y privadas de educación preescolar, básica y media, marca unos derroteros para que las instituciones de educación superior, en virtud de la autonomía reconocida a nivel constitucional, den cumplimiento a dicho mandato legal.

En ese sentido, la cátedra de Filosofía de los Valores para la Paz, dentro de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, fue creada con el propósito de "brindar elementos de reflexión que permitan comprender y asumir la vida como un proyecto, con fundamento en los valores de la autonomía, la creatividad y la justicia" (Facultad de Derecho Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, s. f.), por lo que el proceso de apropiación de conocimientos y competencias en relación con los diferentes elementos propios del territorio, participación política, cultura, economía y memoria histórica, hacen parte en su totalidad de la reflexión encaminada a comprender y asumir la vida como proyecto, que para el caso será sustentada en los valores propios de la Universidad, pero teniendo como eje transversal la resiliencia y pedagogía disruptiva, propios de la iniciativa que trae consigo este trabajo, por lo que a continuación se dará una mirada a dichas categorías conceptuales:

Resiliencia como posibilidad, medio para la transformación del conflicto

Comprender y analizar el conflicto en Colombia requiere precisar conceptos que permitan conocer referentes en este sentido, y de manera similar relacionarlo con el posconflicto y la resiliencia que en los diferentes actores de la sociedad se ha venido presentando como "(…) sinónimo de desgracia, de mala suerte, se considera como algo aberrante o patológico, como disfunción, como violencia en general, como una situación anímica desafortunada para las personas que se ven implicadas en él. (…)" (Fuquen Alvarado, 2003, p. 266). Entonces, si bien la paz es la ausencia de conflicto, esta debe ser construida por el sujeto, en este caso colectivo que se ha visto enfrentado a hechos de violencia debido a las lógicas del conflicto armado, por lo que desde allí la paz debe ser entendida como acción, en donde los actores serán cada uno de los colombianos, y el escenario indicado para conjugar el verbo será la cotidianidad.

Así, la implementación de la cátedra de Filosofía de los Valores para la Paz, pretende otorgar los elementos necesarios para que los sujetos puedan entender la paz, no como una utopía, sino como aquella que puede alcanzarse gracias al trabajo conjunto para lograr la tan anhelada cultura de paz, entendida además como un reto del Gobierno Nacional, y a partir de la necesidad de generar un proceso individual, para posteriormente entenderse como sujeto colectivo de paz; aspecto que solo podrá ser posible a partir de la resiliencia, teniendo presente que para Becoña (2006, p. 126), el entendido de resiliencia requiere del estudio de otros conceptos, como competencia, efectividad de las acciones a nivel social y vulnerabilidad.

Se coincide, entonces, con que el reto ya no es identificar nuevos factores de riesgo o de protección, sino elucidar los procesos que intervienen, sobre todo en la interacción sujeto-sociedad,

entendiendo que hoy se plantea que la resiliencia es diferente a factores de protección, pues los factores de resiliencia enfrentan al riesgo, mientras los factores de protección protegen del riesgo (García Vesga & Domínguez de la Ossa, 2012, pp. 68-69), teniendo claro que aunque la labor práctica consiste en un trabajo curativo, en la medida que aquella situación de adversidad y dolor, como lo es el conflicto armado colombiano, ha estado presente en la vida de todos los colombianos de forma directa, bien sea desde una perspectiva armada, social, política o jurídica, la idea es fomentar en los sujetos la cultura de una resiliencia preventiva.

La pedagogía disruptiva como pedagogía de cambio en el escenario actual

Esta pedagogía parte de una relación no jerarquizada, en donde la enseñanza como el aprendizaje son compartidos por parte de docentes y estudiantes; es la ruptura del paradigma impuesto en las escuelas y universidades, con el fin de crear saberes desde un punto coyuntural; es decir, de cambio, "como queramos llamar a otra forma de abordar la docencia, produce, no solo un tipo de aprendizaje verdadero, sino un tipo de aprendizaje transformador, un tipo de aprendizaje que deja de entenderse como un campo de estudio para entenderse como un marco de acción social" (Acaso & Manzanera, 2015, p. 39).

La pedagogía disruptiva tiene elementos de la pedagogía crítica y de la esperanza, por ello que es importante entender sus antecedentes; aquí se evidencia la fundamentación del modelo pedagógico propuesto: en primer lugar, los postulados de Paulo Freire establecen el fundamento de la pedagogía de la esperanza al indicar que son: "A ellos y a ellas, y a todos los que en América Latina, en América Central, en el Caribe y en África, cayeron en la pelea justa, presento mi homenaje respetuoso y amoroso en esta *Pedagogía de la esperanza* en la que revivo la *Pedagogía del oprimido*" (Freire, 2005, p. 230).

Freire se refiere en la pedagogía de la esperanza desde un proceso de paz en El Salvador e indica que no es el fin de los conflictos sociales, en donde la solución al conflicto que ha vivido el país no se da con el momento en que el acuerdo se firma, sino que, por el contrario, es el inicio de un procedimiento más extenso de cambio.

Por otro lado, la pedagogía crítica es concebida como un proceso político y social que unifica varios postulados de los escritores que han desarrollado este tema más a profundidad, como por ejemplo Giroux, que expone que se debe dar una visión crítica de los conocimientos empleados por los maestros. "La pedagogía crítica de McLaren tiene una visión política más amplia que no se limita a la *educación sobre justicia social,* más bien, a su praxis pedagógica la orienta la lucha por la *democracia económica* como base de la liberación" (Mclaren, 2005, p. 17).

En el contexto colombiano vemos la pertinencia de abrir este escenario, a propósito del momento histórico por el que se atraviesa y del cual depende un real cambio social, como resultado del fin del conflicto, para el desarrollo y enfoque hacia otras necesidades que nos lleven al progreso, por ejemplo, de la educación.

Caracterización de los acuerdos de paz

El propósito de cumplir con el objetivo general de determinar la estrategia para impartir la cátedra en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca de Filosofía de los Valores para la Paz en la Facultad de Derecho, consistente en brindar, a quienes hagan parte de esta, en cualquiera de sus dos modalidades, las herramientas necesarias para comprender el conflicto colombiano y lo establecido en el Acuerdo final. A continuación se elabora un breve escrito relacionado con cada una de las unidades temáticas que contendrá dicha cátedra. No se hará referencia a un resumen de lo contenido en el Acuerdo final, sino que se incluirán los aspectos relevantes para entender de forma integral lo propuesto en el documento firmado entre el Gobierno Nacional y las Farc-EP, conocimiento que se sentará en las bases aquí expuestas pero que, en últimas, pretende ser construido en conjunto dentro de las aulas y a partir de la pedagogía disruptiva.

Sobre la Reforma Rural Integral

Para contribuir al entendimiento del conflicto, desde la perspectiva de tierras, se propusieron los siguientes elementos: 1. Enfoque de memoria histórica; 2. El territorio; 3. El campo; 4. La búsqueda del bienestar a partir del buen vivir, y 5. La jurisdicción agraria.

En ese sentido, ha de mencionarse que la idea de la cátedra es expandir el escenario con el manejo de diversas áreas del conocimiento; la propuesta aquí planteada, cuyo carácter es sociojurídico, parte desde la transdisciplinariedad, concepto propuesto por Galgtung en Calderón Concha (2009, p. 68) como indispensable al momento de transformar los conflictos, debido a que las dimensiones humanas, aunque distintas, no tienen barreras a la hora de efectuar una superación de momentos desagradables. En el caso concreto, se desarrollará dentro del componente temático ética y valores, en donde los estudiantes van a participar y desarrollar ideas que generen aportes a la comunidad en escenarios tanto formales y académicos como en espacios abiertos al público en general, a partir de crear desde la academia los espacios necesarios para promover la "lucha contra la ilegalidad en la posesión y propiedad de la tierra y garantía de los derechos de los hombres y las mujeres que son los legítimos poseedores y dueños, de manera que no se vuelva a acudir a la violencia para resolver los conflictos relacionados con la tierra" (Acuerdo final, 2016, p. 13).

Sobre la participación política

Uno de los puntos más controvertidos del Acuerdo de Paz para la finalización del conflicto y la consecución de una paz estable y duradera fue el relacionado con la participación política; sin embargo, este se centra en uno de los ejes de mayor relevancia, puesto que es el que permitirá la incidencia de aquellos que fueron parte directa en el conflicto, de manera voluntaria o por los azares que rodean un conflicto de tan larga duración, como el que se ha suscitado entre el Estado colombiano y las Farc-EP, para acercarse a la reconstrucción social desde la democracia.

Esto lleva a que sea pertinente que los estudiantes tengan el conocimiento de cómo funciona tal propuesta, pero más allá de eso que sea una verdadera apropiación de conceptos, como democracia, participación política, así como que se tenga claridad frente a lo que se consideran movimientos y

partidos políticos, tanto como la capacidad de identificar el modelo político existente, su trascendencia en el ejercicio democrático y cómo puede este llegar a ser modificado para afrontar los cambios que con la firma del Acuerdo se presenten. Lo anterior, en espera de que desde allí se entienda el porqué de las pugnas que, por falta de acceso a mecanismos legales o convencionales de participación política, se han generado.

Entonces, tras haber centrado al estudiante en el contexto histórico para el desarrollo de la cátedra, se propusieron como elementos direccionadores[2] los siguientes: 1. Garantías para la participación política; 2. Acceso a medios; 3. Derechos y garantías para el ejercicio de la oposición política en general, y 4. Movilización y protesta.

Solución al problema de las drogas ilícitas

En este punto se pretende haber dado un proceso de apropiación de conceptos, que permita entender cómo se relacionan los temas, pues el de cultivos ilícitos presenta una oportunidad para servir como puente entre los asuntos iniciales de la cátedra, el de tierras, la reforma rural integral y el de víctimas. Que el tema del desplazamiento, como eje problematizador, permita acercar, por conocimientos previos, a los estudiantes con su realidad; pues, como bien lo señalan Acaso y Ellsworth (2011), la forma de aprendizaje desde lo disruptivo pretende en todo momento que el estudiante aporte desde su punto de enunciación para que se generen relaciones entre lo aprendido en el aula de clase con experiencias previas, y los conocimientos adquiridos empíricamente, por lo cual el tema del desplazamiento forzado, por ser de constante discusión en el país, permite generar dinámicas dialógicas para el acercamiento y comprensión de este.

Ahora, frente a la problemática de las drogas ilícitas, es importante entender que la misma no se agota en la producción y consumo de sustancias derivadas de cultivos, por lo cual, en el marco del Acuerdo de Paz, es necesario generar condiciones materiales de bienestar y buen vivir que sean sostenibles, puesto que de estas se derivan múltiples problemáticas que impactan todos los espacios de la sociedad, pero que han demostrado generar mayor afectación al campesinado. Las regiones afectadas por la presencia de cultivos ilícitos presentan deterioro del tejido social, además, por la presencia de grupos armados ilegales, se dificulta el accionar del Estado lo que, sumado a la homogeneidad de los programas que desconocen las condiciones particulares de cada región y la falta de articulación interinstitucional para dar una respuesta efectiva, disminuye la posibilidad de que las poblaciones afectadas tengan una integración para el desarrollo económico (Ministerio de Justicia y del Derecho, Observatorio de Drogas de Colombia, 2015, pp. 58-59).

Para abordar el tema se proponen, para el caso de la temática, como ejes orientadores que se relacionan con el tema de cultivos ilícitos: 1. el aspecto ambiental; 2. el económico; 3. el subjetivo, y 4. la sustitución de cultivos.

2 La profesora Elizabeth Ellsworth habla inicialmente de un *modo pedagógico de direccionalidad*, y hace referencia a la labor del docente como formador, como guía y generador de inquietudes, mas no como quien impone las ideas de acuerdo con un programa académico o enseña de acuerdo con sus *políticas individuales*, pues ella muestra la educación como un proceso personal e individual tendiente a la formación de la vida de cada uno de los participantes (Padró, 2011, pp. 21-60).

Con relación a las víctimas

Como elemento integrador en cuanto a los temas abordados, se propone tomar el de la seguridad, por cuanto es un elemento transversal que se observa a lo largo del Acuerdo de Paz firmado entre el Estado y las Farc-EP, donde también, desde el momento en que inician las negociaciones, se concentra el tema de las víctimas como eje fundamental para el desarrollo de un plan colectivo para el país.

En ese sentido, se observa que uno de las aspectos esenciales es la garantía de la seguridad individual y colectiva de los miembros del desmovilizado grupo de las Farc-EP (y de los demás actores del nuevo escenario político por medio del Sistema Integral de Seguridad para el Ejercicio de la Política), esto teniendo en cuenta que se propende por generar una presunción legal de riesgo extraordinario, creada para cubrir a los integrantes del nuevo movimiento o al partido político que surja con la posibilidad que se abre a las Farc-EP, para la participación política legal.

Igualmente, se debe tener en cuenta que el tema de seguridad contemplado en este punto se extiende a las víctimas, a los movimientos políticos preexistentes, a las minorías y a las organizaciones defensoras de derechos humanos, por medio de la creación de una unidad especial de investigación para el desmantelamiento de las organizaciones y conductas criminales (Acuerdo final, 2016, pp. 77-78).

Por tanto, y teniendo en cuenta el nivel de afectación a las víctimas, en este apartado la idea es que el estudiante, en el marco de la cátedra, dimensione primero la situación de las víctimas y las múltiples maneras que tomó la violencia en el marco del conflicto armado, que repercutieron en las condiciones de vida de las víctimas y, a nivel social, en toda estructura del país. Pese a que en este módulo se propone una cantidad menor de ejes de desarrollo, esto se maneja de esta manera porque en este punto la idea es que el estudiante no solo entienda el concepto de víctima sino que logre comprender cómo va a estar implicado en los diferentes puntos del Acuerdo, que hasta el momento se han abordado, por lo que los elementos para encarar dicho punto fueron: sensibilización, jurisdicción especial para la paz, y educación para la paz.

Fin del conflicto

El final del conflicto depende de solucionar los diversos factores que dieron origen al mismo; la propuesta en los acuerdos para finalizar el conflicto, como primera medida, se refiere al respeto de las ideas políticas, un punto que es determinante en el manejo y los cambios de la política en el país, puesto que es la solución a las divergencias políticas por medios diferentes al empleo de las armas.

Actualmente, se han presentado asesinatos masivos de defensores de derechos humanos, aunque el panorama en apariencia sea de reconciliación y reinserción social y que el proceso de reintegración de las Farc-EP a las zonas de reserva esté siendo óptimo, hay un riesgo con respecto a la defensa de los derechos humanos y a la colaboración en los proyectos que promuevan los Acuerdos de Paz. Un ejemplo es el reporte efectuado en el diario *El Espectador,* en el mes de noviembre del 2016. "Un informe conocido por *El Espectador*, por parte de una fuente que pidió reserva, señala que durante lo corrido del 2016 se han presentado 70 asesinatos de líderes sociales y defensores de derechos humanos, así como 279 amenazas y 28 atentados contra estas personas" (Paz, 2016).

El respeto de las diferentes ideas es fundamental para desarrollar este punto; por eso es primordial generar espacios de interacción, debate y contribución al mejoramiento de las condiciones que han propiciado las problemáticas identificadas a lo largo del Acuerdo. La cátedra para la paz sería un escenario desde lo académico que permitiría a la Universidad y a la Facultad escenarios en donde se contemple el quehacer profesional con un fin social.

El final del conflicto colombiano, no solo implica un avance y aporte para el país, puesto que en el mundo se han evidenciado diversos conflictos armados en distintos países y que actualmente continúan; este escenario contribuiría al análisis y manejo de futuros conflictos internacionales. Por otro lado, también aporta y da elementos a los diálogos con el Ejército de Liberación Nacional (Eln) que están comenzando. "La reconstrucción posconflicto ofrece varias oportunidades de desarrollo en diferentes campos. Por ejemplo, en la parte social se ayuda a la reconstrucción de muchos aspectos de las comunidades que hayan colapsado por el conflicto. Una de estas condiciones es el sistema de cuidado de la salud, vivienda y educación" (Infante Márquez, 2011, p. 231).

Implementación, verificación y refrendación

Debido a que los resultados del plebiscito, realizado en el país el 2 de octubre del 2016, la inclusión de los acuerdos y su implementación, no se llevaron a cabo como estaba previsto, la instauración estuvo sujeta a modificaciones que integraron a los opositores de la iniciativa, pero que evidenció la negligencia de los mismos en las reiteradas invitaciones efectuadas en desarrollo del mismo.

Los puntos controvertidos del primer acuerdo se debieron a interpretaciones erróneas, como difusión equívoca de los mismos, por lo que las modificaciones en varios aspectos debieron aclarar puntos con respecto al enfoque de género, participación política, privación de la libertad y los intereses detrás del punto sobre reforma rural integral, citados en su respectivo análisis.

En efecto, el enfoque de género pretendió una reconciliación entre los papeles que se han predeterminado en la sociedad, como los del hombre y la mujer, con el objetivo de llegar a reconciliar las vulneraciones efectuadas a las mujeres y así hacerlas parte de un proceso de construcción social.

Desde lo propuesto en los acuerdos es importante entender los problemas de la democracia simbólica en la que se encuentra Colombia, puesto que es un Estado democrático que promueve la igualdad de derechos de la sociedad pero, por otro lado, la experiencia evidencia que no hay en muchos aspectos una igualdad, y que esta depende de factores políticos o económicos para el acceso a los servicios otorgados por el Estado.

Jurisdicción Especial para la Paz

En esta se evaluará el tipo de delitos ocasionados, de manera directa o indirecta, por la guerra; cabe anotar que en materia de amnistía solo se contemplarán los delitos amnistiables, ya que aquellos que no lo sean seguirán su curso desde los parámetros de la jurisdicción internacional en lo que se refiere a vejámenes contra los derechos humanos y el Derecho Internacional Humanitario.

En este punto se hace el siguiente cuestionamiento: ¿habrá justicia en las sanciones que se dictarán en esta jurisdicción? La respuesta depende de la visión que se tenga de la sanción y, sobre todo,

del papel que se pretende que cumpla el Derecho Penal. La función social de la jurisdicción para la paz es respetar las leyes vigentes y los pactos internacionales, pero que pretende generar una interacción con las víctimas y con el país, que se traslade además del escenario de la privación de la libertad al esclarecimiento de los hechos y la verdad de lo que ha sido el conflicto; es un recuento histórico, es el elemento de memoria histórica que permitirá la no repetición de los errores del pasado; es decir, es la construcción de un escenario distinto al vivido, por ende, la cátedra propuesta permite hacer parte del cambio de paradigma desde el Derecho y la solución de conflictos.

Metodología aplicada

El presente escrito parte de la firma del Acuerdo y su implementación, que se llevará a cabo desde el año 2017; para entender esta realidad se analizó la memoria histórica y los hechos que no han permitido establecer los acuerdos y la inclusión política, por lo que confluye la visión objetiva y el análisis subjetivo de la situación particular a partir del diseño del instrumento, recolección y análisis de datos y tabulación de estos; por eso el presente trabajo de investigación es de carácter cualitativo: "Enfoque cualitativo. Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación" (Sampieri, Collado & Baptista, 2010, p. 7).

Se partió de la exploración de los aportes que tendría la cátedra, en el proceso histórico actual, la descripción de los hechos históricos y el análisis genealógico de la problemática, como perspectivas teóricas desde la resiliencia y la pedagogía disruptiva, para así llegar a una propuesta temática desde la cátedra que se extienda posteriormente a espacios abiertos a la comunidad. En este aspecto se identifica con el método cualitativo de carácter inductivo-reflexivo. "Dicho de otra forma, las *investigaciones cualitativas* se basan más en una lógica y proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas). Van de lo particular a lo general". (Sampieri, Collado & Baptista, 2010, p. 9).

Es así como se desenvolvió el enfoque sociojurídico desde el paradigma cualitativo, se analizaron las realidades particulares del contexto colombiano y las implicaciones que históricamente ha generado el conflicto armado interno, como las condiciones que permitirían un escenario de posconflicto y los aportes a este desde la cátedra, ya que corresponde a la línea de investigación *Derecho, sociedad y cultura en la formación jurídica*, se enmarca en los análisis críticos de la realidad social, como en este caso específico el contexto político y social, se enfoca en la sociología jurídica, de ahí que el análisis a los acuerdos definitivos se integre a la categoría de resiliencia y la pedagogía disruptiva,. Finalmente, se establece como una dinámica creativa y propositiva la enseñanza del Derecho desde la pedagogía disruptiva, y como eje transversal la resiliencia.

Entonces, para determinar la pertinencia de la cátedra de Filosofía de los Valores para la Paz en la Facultad de Derecho de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, se tiene presente que esta cuenta con 323 estudiantes, por lo que se escogió una muestra representativa del 10%. De otro lado, hay un total de 67 docentes, de los cuales 48 tienen una relación directa con los estudiantes en la medida en que imparten los diferentes componentes temáticos, por lo que se escogió una muestra representativa del 10%. Sin embargo, al realizar el control de calidad de diligenciamiento del instrumento, se encontró que 23 estudiantes y 2 docentes habían diligenciado de forma satisfactoria el documento, esto es, siguieron las indicaciones dadas en la pregunta en cuanto a selección de opcio-

nes o identificación de palabras. Estos son los criterios de selección para los estudiantes encuestados: que fueran activos de la Facultad de Derecho de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, y que se encontraran cursando, o que ya hubieran cursado y aprobado, el componente temático "Filosofía de los Valores".

Por su parte, los criterios de selección para los docentes encuestados fueron: que tuvieran la calidad de egresados de la Facultad de Derecho de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca; que fungieran como docentes de la Facultad de Derecho de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Asimismo, debe mencionarse que el objetivo con la aplicación de dicho instrumento fue identificar la apreciación de egresados, estudiantes y docentes sobre la implementación de una cátedra para la paz.

Las preguntas formuladas fueron: 1. Para usted, ¿qué elementos contribuyen en el conflicto colombiano?; 2. Señale qué elementos considera que debe contener una cátedra universitaria para el manejo del posconflicto en Colombia. a. Históricos, b. Sociales, c. Estadísticas sobre víctimas-victimarios, d. Análisis político, e. Todos los anteriores, y f. Otro, ¿cuál?; 3. Identifique en una palabra qué significa para usted "paz"; 4. ¿Qué temas considera que debe contener una cátedra para la paz? Señale tres, y 5. ¿Cuál pedagogía considera usted que debe ser implementada en una cátedra universitaria para la paz? a. Crítica, b. De la esperanza, c. Tradicional, d. Disruptiva, y e. Otra, ¿cuál?

Con todo, en dicha encuesta se logró identificar que la idea de articular la resiliencia dentro de la "cátedra de Filosofía de los Valores para la Paz", así como el entendido de paz a la luz de la teoría de la transformación del conflicto, resulta más que necesario en un país en donde los mismos ciudadanos consideran que la intolerancia es un factor esencial, el cual se encuentra en el mismo nivel que la desigualdad, por lo que ha de identificarse que la intolerancia reside en el hecho de no reconocer al otro como un sujeto igual con quien se puede llevar a cabo un proceso de transformación del conflicto bajo la mirada de la resiliencia.

Asimismo, se corroboró la necesidad de entender la paz como verbo, es decir, como un conjunto de acciones que permiten superar condiciones de indignidad, y que, por ende, logra contribuir a la búsqueda de la igualdad a partir de la necesidad de llevar a cabo un proceso, tanto individual como colectivo; todo ello dado que los sujetos, como tal, están inmersos en conflictos cotidianos que logran evidenciarse en lo comunitario.

Lo anterior materializado en un trabajo interdisciplinar a través de una pedagogía disruptiva.

Propuesta, alternativa de solución

Como resultado de este trabajo, propusimos unos esquemas de desarrollo de clase, los cuales harían las veces de guía en cada una de las sesiones, teniendo presente que no pretende ser impositivo, dado que el conocimiento se va construyendo, pero sí pretende ser un punto de partida.

Adicionalmente, debe mencionarse que estas fichas también pueden ser aplicables a la impartición de la cátedra dentro de la modalidad de espacios alternativos, siendo cada una la guía para el desarrollo de un módulo contentivo de una unidad temática, por lo que, en total, la cátedra se conformará de siete sesiones en cualquiera de los escenarios.

Primera sesión

Unidad temática: aclaraciones conceptuales básicas. Introducción a la teoría del conflicto con énfasis en el problema de tierras en Colombia. Mirada a la "Reforma Rural Integral". *Objetivo:* aprehender conceptos básicos que permitan una contextualización de la problemática de tierras en el país y el conflicto. *Preguntas:* ¿Qué es el conflicto? ¿Cómo solucionarlo? ¿Cuáles son los pasos para la transformación del conflicto? ¿Qué elementos se requieren para la transformación del conflicto? ¿Qué es el enfoque de género? ¿Qué es una jurisdicción agraria? ¿Qué es el territorio, el bienestar y el buen vivir? ¿Cuál es la importancia del campo? ¿Cómo es la distribución? ¿Cómo es el acceso a la tierra en Colombia? ¿Cuál es el uso de la tierra? ¿Qué reformas rurales contribuyeron al comienzo del conflicto? ¿Por qué el campo ha sido empleado para el conflicto armado interno? ¿Qué papel desempeñan las multinacionales y la explotación de tierras en el conflicto? *Actividad disruptiva:* mapa del conflicto: sobreponer en un mapa de Colombia la ubicación de hechos históricos relevantes –en el contexto del conflicto–, zonas de mayor desplazamiento, zonas con presencia de las Farc-EP y otros actores del conflicto armado, masacres de las que conozcan los estudiantes, zonas transitorias veredales, ubicación de los puntos donde se origina el conflicto. Con lo cual se pretende generar opinión y desmentir mitos que, frente al conflicto armado y la problemática de tierras, existen, basándose en conocimientos previos del discente, el uso de las TIC y un mapa de Colombia.

Segunda sesión

Unidad temática: la transformación del conflicto en comunidad: participación política y garantías para la integración de las víctimas *Objetivo:* identificar cómo la dejación de armas y la incorporación a medios convencionales de participación de las Farc-EP podría influir en el fortalecimiento del pluralismo político y la reivindicación de las víctimas. *Preguntas:* ¿Qué es la democracia? ¿Qué es la participación política? Pluralismo, ¿cuál es la diferencia entre participación y movilización política? ¿Participación política de las víctimas? *Actividad disruptiva: participación política:* Iniciar con una pregunta: desde la postulación de una pregunta direccionadora bipolar, por ejemplo ¿cree usted que la apertura de posibilidades para la participación política de minorías tradicionalmente excluidas tendrá implicaciones en el acceso a la justicia de las víctimas? O, ¿las víctimas tienen cabida en los modelos de participación política propuestos? Lo anterior con el fin de que los estudiantes tomen postura en una u otra dirección, argumenten su respuesta, y luego de escuchar a la mayoría pedir que elijan a dos estudiantes, uno que represente cada punto de vista y, finalmente, se realiza una votación en la cual deben participar todos los estudiantes, hayan o no presentado un argumento a favor de uno u otro punto. Con lo anterior, a partir del conteo, se explicará cómo funcionan los mecanismos de participación directa, cómo lo hace el ejercicio político, cómo dar cabida a un verdadero pluralismo –en el caso del ejercicio, incluir a los que no se pueden ubicar concretamente en ninguna de las dos posturas planteadas–, explicar cómo funciona la democracia representativa.

Tercera sesión

Unidad temática: solución al problema de las drogas ilícitas: visualicemos el problema. *Objetivo:* entender la problemática de las drogas ilícitas –y de los cultivos– desde lo social, cultural, ambiental,

político y económico. *Preguntas:* ¿Cómo se ha manejado hasta la fecha la problemática de las drogas ilícitas? ¿El manejo a la fecha busca erradicar el problema desde la estructura? ¿Qué propuestas alternativas han surgido para frenar tal problemática? ¿Es un problema de vocación de tierras o de vocación campesina? ¿Cuál es el impacto de la producción de materia prima para drogas ilícitas? ¿Cómo impacta la producción de drogas ilícitas en el país? ¿Qué alternativas se pueden generar frente a la problemática de drogas ilícitas? ¿Qué problemas se derivan de la cuestión de las drogas ilícitas en cuanto a la población, el territorio, la economía, etc.? *Actividad disruptiva:* por lo arduo del tema, se propone abordarlo desde lo visual, por un lado con una serie de videos cortos que muestren diferentes caras de la misma problemática y, por otro, retomar el tema del mapa del conflicto e identificar la ubicación de los cultivos ilícitos; y contrastar con datos y cifras sobre pobreza del país para caracterizar a las comunidades que se encuentran en estos puntos. Adicional a este particular, ubicar diferentes noticias respecto al tema del manejo de las drogas ilícitas para acercarse de algún modo a la realidad, diferencia en cifras oficiales con las de los medios, propuestas que han surgido de los diferentes actores, para generar diálogos a partir de estos, contrastar las propuestas contenidas en el Acuerdo y estudiar desde allí la posible viabilidad de tales propuestas.

Cuarta sesión

Unidad temática: víctimas: la cara que no vemos, el camino hacia la memoria.

Objetivo: dimensionar la problemática de las víctimas y los alcances de las propuestas para el acceso a la justicia de las mismas. *Preguntas:* ¿Cuál es la afectación que han tenido las víctimas? ¿Cómo restaurar las condiciones de vida de las víctimas? *Actividad disruptiva:* asignar a cada estudiante uno de los videos de la propuesta de *no más violencia,* del Centro de Memoria Histórica, por medio de los cuales se reflejan las muchas caras de la violencia, y a partir de lo que interioricen de tal video generar un espacio dialógico donde puedan exponer cómo entienden el impacto de las acciones que se han generado en el marco del conflicto armado y proponer alternativas de solución. A la vez, comprender cómo esas alternativas propuestas tienen cabida en el marco de la Justicia Especial para la Paz y cómo puede ser un instrumento para el fin de educar para la paz.

Quinta sesión

Unidad temática: el cambio de paradigma desde la implementación y refrendación de los acuerdos. *Objetivo:* estudiar las problemáticas que han tenido las negociaciones de paz con otros grupos alzados en armas, en lo que se refiere a su implementación. *Preguntas:* ¿Qué pasos son necesarios para una real implementación de los acuerdos? ¿Qué problemáticas se evidencian en la refrendación del Acuerdo final?

Actividad disruptiva: organizar trabajos en grupo, en los cuales se expongan las debilidades de la implementación de los acuerdos logrados por el Gobierno y los grupos guerrilleros.

Sexta sesión

Unidad temática: análisis de la reparación a las víctimas desde el esclarecimiento de los hechos en la Jurisdicción Especial para la Paz. *Objetivo:* plantear las posibles soluciones desde la propuesta de verdad,

en la jurisdicción para la paz, como elemento de reparación a las víctimas; de igual manera, la entrega y responsabilidad de los movilizados en lo que se refiere a delitos no amnistiables. *Preguntas:* ¿La justicia es sinónimo de pena? ¿El esclarecimiento de los hechos es deficiente para aplicar la resiliencia? ¿Pueden integrarse a la sociedad los guerrilleros desmovilizados y que han sido portadores de la amnistía? *Actividad disruptiva:* mediante una puesta en escena teatral o con imágenes del conflicto armado interno, evidenciar las soluciones que generarían justicia en cada caso, plantear los beneficios y desventajas de las penas alternativas de la libertad, debatir la importancia de la resocialización en el Derecho.

Séptima sesión

Unidad temática: el análisis de las propuestas y problemáticas para poner fin al conflicto. *Objetivo:* estudiar las causas que lo generaron y proponer una posible solución a las mismas desde el contexto actual. *Preguntas:* ¿El fin del conflicto se da cuando se implementen en su totalidad los acuerdos? ¿El fin del conflicto es determinado por la firma del Acuerdo final? ¿Cuál es la diferencia entre ideología y enfoque de género? ¿Qué problemáticas generaría el enfoque de género si se llegase a materializar? *Actividad disruptiva:* debatir en un ejercicio de relatoría y correlatoría los postulados con respecto a la materialización del final del conflicto. Organizar distintas temáticas alrededor de este ejercicio, en donde se desarrollen análisis históricos de las posturas con respecto al inicio de este. Finalmente, determinar la importancia del enfoque de género en los acuerdos.

A manera de conclusión

La cátedra planteada propone difundir, en diferentes escenarios académicos y a través de áreas del conocimiento, una propuesta desde lo sociojurídico que permita la apropiación de conceptos fundamentales para ejercer una participación basada en el pluralismo político.

Se dimensionan situaciones como la condición de vida de las víctimas y la repercusión en la estructura social, el impacto de la producción de drogas ilícitas y cómo afecta al país. El final del conflicto se constituye en la base de cambio y transformación de diferentes paradigmas, en el que es relevante el papel de las universidades y de la educación en general.

La construcción desde la diferencia y el respeto por las ideas del otro, así como la inclusión de los derechos, son el eje en la construcción de una paz perdurable y de la integración de todos los sectores. Desde la Facultad de Derecho se atenderán las diferentes modalidades sociales a las que se concierta el Derecho, entre estas las garantías constitucionales.

El respeto es uno de los valores eje de la inclusión política, así como la diversidad del pensamiento en un escenario politizado para llegar a una pedagogía disruptiva que permita trazar un análisis que contenga la transición del escenario de pos Acuerdo a posconflicto.

El conflicto ha permeado la formación dentro de las familias, la educación impartida en los establecimientos educativos y los hábitos y costumbres de la sociedad; por tanto, la tolerancia es esencial en la conducción de los diferentes procesos que permitan dar solución al conflicto colombiano por los cambios que ha generado en la estructura social.

El posconflicto es una construcción cultural y un compromiso de la sociedad, en especial de los sujetos que ocasionaron el conflicto, por ende, implica un manejo propositivo de la responsabilidad, donde los actores son cada uno de los colombianos para lograr la paz en el escenario de la cotidianidad. En este sentido, la cátedra pretende declarar los elementos necesarios para entender la paz en un trabajo conjunto.

La resiliencia permite un análisis del proceso histórico vivido durante el conflicto; a través de la cátedra se puede entender la subjetividad de quienes hacen parte del proceso educativo con un enfoque político, social y constructivo.

La pedagogía disruptiva reconoce una relación no jerarquizada en la cual se comparte la enseñanza y el aprendizaje, permite el manejo de la memoria histórica, esencial en la solución del conflicto, desde las aulas de clase para incidir en las decisiones y en la construcción de espacios que trasciendan y faciliten la retroalimentación.

La genealogía permite hacer un análisis de los estudiantes y egresados en el contexto actual y su incidencia y participación desde la genealogía del sujeto moderno, admite entender el devenir histórico de cada participante como estudiante, como egresado y al ciudadano hacia un escenario de posconflicto.

Se plantea un análisis genealógico de la problemática, como perspectivas teóricas desde la resiliencia y la pedagogía disruptiva para situar una propuesta temática desde la cátedra, que se amplíe a espacios de la comunidad académica. La cátedra para la paz incidirá en una variación cultural desde las aulas y los escenarios alternativos como aporte al cambio que desafía al país.

Referencias bibliográficas

Acaso, M. (2011). Educación disruptiva + educación artística. Recuperado de: YouTube:http://www.mariaacaso.es/2011-visiones-disruptivas-de-la-educacion-mi-participacion-en-la-seccion-virtual--de-educared-2011/

Acaso, M. & Manzanera, P. (2015). *Esto no es una clase. Investigando la educación disruptiva en los contextos educativos formales*. Madrid, España: Editorial Ariel S. A.

Acaso, M. & Megías, C. (2012). Procesos disruptivos en la enseñanza superior de la educación artística: evaluando el Edupunk como estrategia para llegar a la Reduvolution. Arte, educación y cultura. Aportaciones desde la periferia. Universidad de Jaen.

Acuerdo final (2016). Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz duradera. Colombia.

Becoña, E. (2006). Resiliencia: definición, características y utilidad del concepto. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, vol. 11, No. 3: 125-146.

Berkman, A. (2009). Capítulo XII: ¿Qué es el poder? En: A. Berkman. *El ABC del comunismo libertario* (pp. 123-128). Buenos Aires: Libros de Anarres: LaMalatesta; Tierra de Fuego.

Calderón Concha, P. (2009). Teoría de conflictos de Johan Galtung. Paz y conflictos, 608.

Congreso de Colombia (2014). Ley 1732. Bogotá: República de Colombia - Gobierno Nacional.

Freire, P. (2005). *Pedagogía de la esperanza, un reencuentro con la pedagogía del oprimido*. México: Siglo XXI.

Focault, M. (1988). EL sujeto y el poder. *Revista Mexicana de Sociología,* vol. 50, N.º 3: 320.

Fuquen Alvarado, María Elina (2003). Los conflictos y las formas alternativas de resolución. *Tabula Rasa* (N.º 1). Editorial: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, pp. 265-268.

García Vesga, M. & Domínguez de la Ossa, E. (2012). Desarrollo teórico de la resiliencia y su aplicación en situaciones adversas: una revisión analítica. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales. Niñez y Juventud*, 63-77.

Hueso, V. (2000). Johan Galtung. La transformación de los conflictos por medios pacíficos, pp. 128-129. En: V. Hueso, *Cuadernos de estrategia* (pp. 125-159). Bogotá: Dialnet.

Infante Márquez, A. (2011). El papel de la educación en situaciones de posconflicto: estrategias y recomendaciones. Universidad Santo Tomás, 223-245.

Mclaren, P. (2005). *La vida en las escuelas. Una introducción a la pedagogía crítica en los fundamentos de la educación*. México: Siglo XXI.

Mignolo, W. (noviembre de 2010). Estéticas decoloniales. Evento académico para sentir-pensar-hacer. Bogotá, Colombia: ASAB.

Nacion (2016). Ideología de género: una estrategia para ganar adeptos por el "No" al plebiscito. *Semana*. Recuperado de: http://www.semana.com/nacion/articulo/ideologia-de-genero-una-estrategia-para-ganar-adeptos-por-el-no-al-plebiscito/488260

Novoa, M. M. (2012). Diferencia entre la perspectiva de género y la ideología de género. Universidad de La Sabana, 337-356.

Paz, R. (20 de noviembre de 2016). Van 70 asesinatos de defensores de derechos humanos en 2016. *El Espectador*. Recuperado de: http://www.elespectador.com/noticias/paz/van-70-asesinatos-de-defensores-de-derechos-humanos-201-articulo-666528

Padró, C. (2011). *Pedagogías invisibles, el aprendizaje de lo inesperado*. Madrid: Los Libros de la Catarata.

Parisí, E. & Cuello, M. (2012). Participación política, manifestaciones culturales y mecanismos de resistencia. *Psicología Política*, vol. 12, N.º 23: 41-58.

Quijano, A. (2010). Conferencia sobre colonialidad y decolonialidad del poder. Archivo de audio. Asunción, Paraguay: Grupo de Apoio e Reflexão ao Processo Fórum Social Mundial GRAP YOUTUBE.

Registradora Nacional, d. E. (2016). Plebiscito 2 de octubre, República de Colombia. Bogotá. Recuperado de: http://plebiscito.registraduria.gov.co/99PL/DPLZZZZZZZZZZZZZZZZZ_L1.htm

Sánchez Gómez, G., Aguilera Peña, M., Mancera, W. & Vargas, L. (2014). Guerrilla y población civil. Trayectoria de las Farc. Bogotá: Centro de Memoria Histórica.

Sampieri, R. H., Collado, C. F. & Baptista, M. D. (2010). El inicio del proceso cualitativo: planteamiento del problema, revisión de la literatura, surgimiento de las hipótesis e inmersión en el campo. En: R. H. Sampieri, C. F. Collado & M. d. Lucio, metodología de la investigación (pp. 50-88. 362-490). México: Interamericana Editores.

Suárez, F. G. (2013). ¡Basta Ya! Colombia: Memorias de guerra y dignidad. Informe general. Grupo de Memoria Histórica. Colombia: Centro Nacional de Memoria Histórica.

Uprimny, R., Machado, A., Bello, M. N. & Uribe, María Victoria (2009). El despojo de tierras y territorios. Aproximación conceptual. Colombia: Centro de Memoria Histórica.

Valdivieso, A. M. (2012). La justicia transicional en Colombia. Los estándares internacionales de derechos humanos y Derecho Internacional Humanitario en la política de Santos. Universidad de San Buenaventura, 621-653.

CAPÍTULO 12.

MODELACIÓN Y ESCALA LOGARÍTMICA: RETOS DEL PROFESOR DE PRECÁLCULO EN LA UNIVERSIDAD

Jeannette Vargas Hernández
Luis Alberto Jaimes Contreras
Rafael Felipe Chaves Escobar

Introducción

El estudio de las funciones exponenciales y logarítmicas en diferentes modelos matemáticos, relacionados con fenómenos físicos, como por ejemplo: el sonido, el pH, la temperatura, el decaimiento radiactivo y los movimientos sísmicos, así como su aplicación en ciencias sociales o de la economía, hacen parte de los contenidos temáticos en un gran número de programas, como ingenierías, ciencias empresariales, ciencias naturales, ciencias exactas e incluso humanidades. El primer acercamiento a este tipo de funciones a nivel pregradual, se da en los cursos de precálculo, lo que impulsó a dirigir este trabajo a docentes a cargo de esta asignatura.

En la investigación se tiene en cuenta que en el ámbito de la educación matemática es claro que las propuestas para el desarrollo profesoral no incluyen exclusivamente la comprensión de procesos cognitivos de los estudiantes en su aprendizaje o el conocimiento matemático del profesor, sino que estas tratan de impactar en una red de comportamientos, construcciones del ser y el re-aprendizaje de diversas habilidades y componentes implicadas en la planeación y gestión en el aula.

En el documento se parte de un análisis teórico acerca del carácter social del aprendizaje y de la modelación en las matemáticas escolares, el planteamiento y resolución de problemas como estrategia para permitir una mejor comprensión de los conceptos matemáticos. Luego, y con base en el análisis teórico, se bosquejan una serie de actividades, las cuales toman como contexto el caso de la escala musical, la gestión de la participación y la escala de Richter.

La primera actividad parte de un acercamiento a la perspectiva histórica de los logaritmos y las funciones exponenciales, mediante la correspondencia entre progresiones aritméticas y geométricas; sin dar una definición formal de las mismas. Seguidamente se plantea una segunda actividad apoyada en el caso de la escala musical, donde el docente tiene la oportunidad de establecer relaciones entre las progresiones aritméticas y geométricas. A continuación, se presenta una sección que remite al papel del profesor en el trabajo colaborativo o cooperativo y un análisis a través de un ejemplo del trabajo realizado por estudiantes que cursan precálculo en un primer semestre universitario. Para finalizar, se presenta una descripción del modelo de la escala de Richter.

El método

Se utilizó la metodología de análisis de contenido y se identificaron diferentes publicaciones en cuatro grandes temáticas: estudios concernientes a modelación en las clases de matemáticas, publicaciones sobre la razón de cambio promedio, investigaciones relacionadas con la enseñanza de las funciones exponenciales y reportes de indagaciones relativas a funciones logarítmicas.

Luego, en diversas reuniones con los investigadores, y a través de exposiciones y análisis del contenido de la documentación leída, se trianguló información de tal manera que se establecieron los tres contextos reales sobre los cuales se formularían las actividades de modelación en torno a la formación de docentes.

De manera simultánea se fue avanzando en el delineamiento de los problemas de modelación y en la escritura de los referentes teóricos, a partir de la comprensión de aspectos de la función logarítmica y de los contextos en que ella es usada en diferentes áreas del conocimiento.

La decisión de partir del referente histórico-epistemológico fue planteada a partir de los estudios realizados por una de las investigadoras en este proyecto y se utilizó, para su validación, la confrontación con otras propuestas consultadas en la literatura en educación matemática. De allí que se inicie el planteamiento a los profesores a partir lo que se llamó en esta investigación Revisando regularidades.

Los análisis concernientes a lo característico de cada fenómeno o contexto, en relación con su poder para seguirle la huella a un elemento de la función logarítmica o exponencial, fueron definitivos en las decisiones consensuadas de tres investigadores. Lo anterior ayudó a establecer la secuencia en que serían tratados los fenómenos; escala musical, papel del profesor y escala de Ritcher.

Referentes teóricos

La modelación en las matemáticas escolares se argumenta desde la mirada a la actividad científica del matemático que se compromete con la aplicación y construcción de modelos para explicar fenómenos, resolver problemas de otras ciencias o para avanzar en una teoría o ciencia.

Parafraseando a Villa, J. (2009), el profesor de matemáticas promueve la elaboración e interpretación de modelos, con el ánimo de construir un concepto matemático dotado de un significado, y la intención de estimular el interés por las matemáticas al aprovechar la relación que esta área del conocimiento tiene con algunos problemas del contexto real de los estudiantes. Además, tales problemas, para el educador matemático, deben haber sido considerados a priori con base en una elaboración y selección del contexto y en atención a los propósitos de la clase.

El proceso de modelación está profundamente vinculado al estudio de situaciones de la realidad y, en la mayoría de los casos, a la solución de problemas. Según Villa (2009) es necesario desarrollar ciertas fases llamadas "ciclo de modelación", presentadas en el siguiente orden: determinación de un fenómeno o problema, seguida de observación y experimentación. Búsqueda de datos y simplificación y supuestos que eliminen factores involucrados en el fenómeno. Abordar la construcción del

modelo y de una solución teórica. Finalmente, conclusiones del modelo y estrategias de evaluación y validación.

En esta fase puede finalizar el ciclo, o reiniciar a partir de las estrategias de evaluación y validación del fenómeno enriquecido con los análisis, cuantas veces sea necesario para modificar y ajustar el modelo.

Blum, *et al.* (2007), establecen que cuando la resolución de problemas se utiliza para designar los procesos que intervienen cuando un problema del "mundo real" va a ser resuelto, tiene un significado equivalente a la modelación matemática. En ambos casos destacan el uso de los elementos estratégicos que están necesariamente implicados en el proceso de solución. Es claro que tanto en el proceso de modelación como en el de planteamiento y resolución de problemas se abordan problemas con el fin de posibilitar en los estudiantes un aprendizaje con significado de los conceptos matemáticos; sin embargo, el tipo de problemas, las estrategias de solución y los contextos son elementos determinantes en la diferencia entre ambos procesos (citado por Villa, p. 7).

De otra parte, para autores como Trigueros (2009), aunque se ha resaltado lo importante que es la solución de problemas en el aprendizaje de las matemáticas, en el campo universitario es donde más prevalece el enfoque de enseñanza tradicional, al proporcionar clases magistrales con alto contenido teórico, y dejar la solución de problemas fuera de estos espacios. Asimismo, Trigueros (2009) indica que, si bien es importante incluir la modelación en las clases de matemáticas, es muy diferente utilizarla como un apoyo al enseñar a modelar, dado que esto último es una tarea complicada, que puede hacer que se pierda el objetivo principal del curso, relacionado con favorecer el desarrollo de los conceptos matemáticos.

Al seguir la fundamentación presentada, a continuación se encuentra el planteamiento del equipo investigador concerniente a algunas actividades que se sugieren en la formación de docentes, a partir de los referentes enunciados y el desarrollo histórico epistemológico de las funciones exponenciales y logarítmicas (González & Vargas, 2015).

Revisando regularidades

Desde la experiencia docente de los investigadores, la revisión de la literatura en educación matemática (Vargas, Castañeda & Novoa, 2016, Sureda & Otero, 2015, Escobar, 2014, Oliveira & de la Roque, 2011, Ferrari & Farfán, 2008, Mousel, 2006), y en diferentes libros (Serret, 1887, Vásquez, 1855), textos y programas de clase en el curso de precálculo, se observa una serie de estudios y propuestas concernientes a la forma de abordar las temáticas correspondientes a función exponencial y logarítmica, que recurren, entre otros, al uso de los registros de representación algebraico, numérico (Ferrari, 2007) y gráfico (Vargas, Pérez & González, 2011).

Desde una perspectiva histórica, los logaritmos han estado asociados a la relación entre progresiones aritméticas y geométricas, y algunos autores, en el siglo XIX, incluían estos términos en sus definiciones, y llamaban logaritmos a los términos de una progresión aritmética, que empieza por cero, correspondientes a los de otra geométrica que empieza por la unidad (Vázquez, 1855, González & Vargas, 2007). Trabajar con este tipo de progresiones, se sugiere como un buen inicio para el estu-

dio de los logaritmos (Vargas, 2013, Vargas, Pérez & González, 2011), por lo anterior, a continuación se presenta una serie de sugerencias para el docente, de tal forma que, al partir de la identificación de regularidades, pase a identificarlas y posteriormente establecer su relación, previo e integrado al trabajo con las funciones exponenciales y logarítmicas.

[1] En razón de lo expuesto, se propone el uso de tablas elaboradas en hojas de cálculo, que permitan identificar al docente, las regularidades en cada progresión.

-10	-49	-19	-4	-4,8	-19,25	-34,75
-9	-44	-17	-3,5	-4,3	-17,25	-29,75
-8	-39	-15	-3	-3,8	-15,25	-24,75
-7	-34	-13	-2,5	-3,3	-13,25	-19,75
-6	-29	-11	-2	-2,8	-11,25	-14,75
-5	-24	-9	-1,5	-2,3	-9,25	-9,75
-4	-19	-7	-1	-1,8	-7,25	-4,75
-3	-14	-5	-0,5	-1,3	-5,25	0,25
-2	-9	-3	0	-0,8	-3,25	5,25
-1	-4	-1	0,5	-0,3	-1,25	10,25
0	1	1	1	0,2	0,75	15,25
1	6	3	1,5	0,7	2,75	20,25
2	11	5	2	1,2	4,75	25,25
3	16	7	2,5	1,7	6,75	30,25
4	21	9	3	2,2	8,75	35,25
5	26	11	3,5	2,7	10,75	40,25
6	31	13	4	3,2	12,75	45,25
7	36	15	4,5	3,7	14,75	50,25
8	41	17	5	4,2	16,75	55,25
9	46	19	5,5	4,7	18,75	60,25
10	51	21	6	5,2	20,75	65,25

Figura 1. Tabla para identificar progresiones.

Al trabajar con estas tablas, se plantean preguntas como: ¿Cuál es el patrón que siguen los datos de la progresión en la primera columna? ¿Al examinar la progresión de la columna 3, la diferencia entre dos términos consecutivos cualesquiera es constante o variable? ¿Cuáles progresiones presentan la misma diferencia entre dos términos consecutivos? Este tipo de acciones son realizadas para encontrar que la diferencia entre dos términos consecutivos de cualquiera de las progresiones corresponde a un valor constante, y que progresiones como, por ejemplo, las que se encuentran en las columnas 2 y 7, tienen en común esta diferencia, aunque todos sus elementos no sean iguales. También se promueve la reflexión sobre sus tareas profesionales relativas a planeación y gestión, y se inicia un trabajo en equipo en el cual los profesores propongan otras progresiones que consideren pertinentes, a través de preguntas como: ¿alguna de las progresiones presentadas es demasiado evidente con relación a las preguntas que se hacen sobre esta? ¿Cambiaría usted las preguntas o las progresiones? ¿Considera que las respuestas que usted ha aportado, son similares a las que los estudiantes de pregrado llegarán a exponer o encuentra que debe programar una guía más específica para que ellos analicen las regularidades? De una forma análoga se realiza el trabajo con las progresiones geométricas, como se muestra a continuación:

En relación con estas progresiones, que se observan en la figura 2, las preguntas a plantear están fundamentadas en orientar al docente a identificar mediante cocientes entre términos consecutivos la razón de una progresión geométrica, por ejemplo: ¿En la progresión de la columna 1 (figura 2), es

1 Cada vez que encuentre este icono se sugiere al docente realizar las lecturas, actividades y discusión sobre los interrogantes que se proponen en las diferentes secciones de este artículo.

posible encontrar una diferencia constante? ¿Cómo están cambiando los términos? ¿Cuál es la razón entre los términos 0.1 y 0.01? ¿Es posible encontrar esta razón con otros términos de la progresión? ¿Qué sucede en la progresión de la columna 3 (figura 2) al tomar cualquier término y dividirlo por el término anterior? ¿Es posible encontrar una razón constante en cada una de las progresiones? Este tipo de preguntas orientan a encontrar un comportamiento diferente en los términos de la progresión, pero que de igual forma al operar dos términos consecutivos (dividir en este caso) es posible encontrar un patrón.

1E-10	1,04858E-14	9,53674E-07	2,73511E-16	0,000976563	1048576
0,000000001	2,62144E-13	3,8147E-06	9,8464E-15	0,001953125	262144
0,00000001	6,5536E-12	1,52588E-05	3,5447E-13	0,00390625	65536
0,0000001	1,6384E-10	6,10352E-05	1,27609E-11	0,0078125	16384
0,000001	4,096E-09	0,000244141	4,59394E-10	0,015625	4096
0,00001	1,024E-07	0,000976563	1,65382E-08	0,03125	1024
0,0001	0,00000256	0,00390625	5,95374E-07	0,0625	256
0,001	0,000064	0,015625	2,14335E-05	0,125	64
0,01	0,0016	0,0625	0,000771605	0,25	16
0,1	0,04	0,25	0,027777778	0,5	4
1	1	1	1	1	1
10	25	4	36	2	0,25
100	625	16	1296	4	0,0625
1000	15625	64	46656	8	0,015625
10000	390625	256	1679616	16	0,00390625
100000	9765625	1024	60466176	32	0,000976563
1000000	244140625	4096	2176782336	64	0,000244141
10000000	6103515625	16384	78364164096	128	6,10352E-05
100000000	1,52588E+11	65536	2,82111E+12	256	1,52588E-05
1000000000	3,8147E+12	262144	1,0156E+14	512	3,8147E-06
10000000000	9,53674E+13	1048576	3,65616E+15	1024	9,53674E-07

Figura 2. Tabla de progresiones geométricas.

En cuanto a la notación empleada, se plantea un espacio de discusión con los profesores para, con el aporte de la literatura en educación matemática, decidir los momentos convenientes de la actividad para ir presentando y usando la escritura referida a los n-ésimos términos (…, n, n+1,…) y demás notación específica, de tal forma que al utilizarla se facilite su correspondiente comprensión. El paso a seguir, es trabajar con dos listados de progresiones, relacionar sus términos uno a uno, y representar cada par en el plano cartesiano, de tal forma que se pueda identificar un comportamiento común en la gráfica que relaciona dos progresiones de este tipo (aritmética y geométrica).

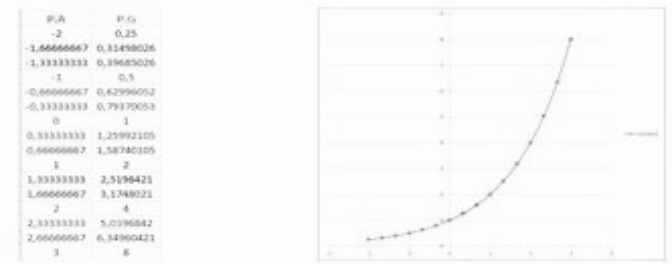


Figura 3. Representación en el plano de la relación entre dos progresiones.

Para iniciar, las preguntas e indicaciones planteadas en este caso están relacionadas con la identificación del tipo de progresión y la curva que se obtiene al relacionar una progresión aritmética con una geométrica, por ejemplo: ¿Es posible encontrar un patrón en la diferencia o cociente entre dos términos consecutivos de cada una de estas progresiones? ¿Qué tipo de progresiones son P.A. y P.G.? Posterior a las preguntas, se solicita relacionar cada término de la progresión P.A. con el término correspondiente en la progresión P.G. y finalmente utilizar la hoja de cálculo para representar cada uno de estos pares como un punto del plano cartesiano.

De esta forma, se iniciaría el trabajo previo a los elementos matemáticos relacionados con funciones exponenciales y logarítmicas.

Mirada en la que se pone énfasis en la relación entre una progresión aritmética y una geométrica. El caso de la escala musical

El trabajo realizado en la sección anterior, acerca al docente a la perspectiva histórica de los logaritmos y las funciones exponenciales, mediante la correspondencia entre progresiones aritméticas y geométricas, sin dar una definición formal de las mismas. La continuación de este trabajo comprende el caso de la escala musical, al proporcionar a los docentes una situación real en la que utilizan y relacionan las progresiones aritméticas y geométricas desde su definición formal.

Introducción

La música y las matemáticas han estado ligadas una a la otra a través de los tiempos; se podría decir que difícilmente existiría la música sin un fundamento matemático como base, esto significa que una pieza musical agradable y estructurada es una obra matemática. Fue Pitágoras y su escuela pitagórica quienes descubrieron la relación íntima entre estas dos ciencias.

Pitágoras estudió la relación que existe entre un sonido y la longitud de la cuerda que lo produce con ayuda de un monocordio, el cual es un instrumento de una sola cuerda, que a medida que esta se acorta, se produce un sonido más agudo. Al sonido producido al acortar la cuerda a 2/3 de su longitud original lo llamó diapente (intervalo de quinta), al sonio producido al acortar la cuerda 3/4 de su longitud original lo llamó diatesarón (intervalo de cuarta) y al acortarla a la mitad lo llamó diapasón (intervalo de octava). Lo anterior dio como origen ocho sonidos, que se conocen como las ocho notas de la escala musical.

Escala musical. La octava musical

No solo las ocho notas musicales se originan al hacer vibrar una cuerda de distintas longitudes, de igual manera se pueden construir al dividir en diferentes partes un tubo por el cual circula aire. La siguiente figura lo representa:

_____ do (unidad)
_____re (8/9)
_____ mi (64/81)
_____ fa (3/4)
_____ sol (2/3)
_____ la (16/27)
_____ si (128/243)
_____ Do (1/2)

Figura 4. División para construir las notas musicales.

De la figura 4 se puede extraer la sucesión de las ocho notas (es usual encontrar el uso de mayúsculas al escribir las notas DO, RE, MI, FA, SOL, LA, SI, DO, la diferencia entre el primer do y el segundo do es que el último da el inicio de la siguiente octava) de la escala musical: *do re mi fa sol la si Do.*

A esta sucesión se le denomina *octava musical*. Cada nota tiene su correspondiente octava, más aguda a la derecha (o por encima), o más grave a la izquierda (o por debajo). Por ejemplo, al tomar como base la nota *do* central (se le conoce como *tónica* por ser la nota base; sin embargo, cualquier otra nota puede ser la tónica) su octava superior es la nota *Do* (figura 5).

Figura 5. Tomada de: http://proyecto-artistico.blogspot.com.co

Hoy las notas musicales no se definen de acuerdo con la longitud del objeto vibrante, sino a partir de la *frecuencia de vibración de la onda sonora* emitida por dicho objeto (Tomasini, 2007). La ecuación relaciona la frecuencia *f* (medida en *hertz)* y la longitud de onda (medida en *metros*), con la velocidad del sonido medida en metros por segundo. Frecuencias muy altas caracterizan tonos agudos, frecuencias muy bajas caracterizan tonos graves.

Materiales: sensor de sonido y LabQuest. Aplicación de celular (ejemplo: Best Tuner) en caso de no tener el sensor. Aplicación piano virtual (usar virtualpiano.net).

Al usar el sensor de sonido y el LabQuest*2 o la aplicación de celular, registre en una tabla (la cual se llamará tabla 1) las frecuencias emitidas por las ocho notas musicales centrales de un piano (figura 6).

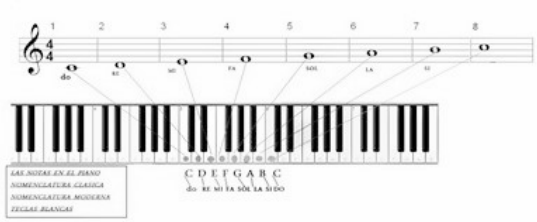


Figura 6. Tomada de: http://bach2411111.blogcindario.com

Al observar la figura 6, se ven las teclas que marcan las ocho notas musicales centrales, pero surge naturalmente el interrogante: ¿Qué indican las 5 teclas negras que se encuentran entre las teclas blancas que marcan las ocho notas musicales centrales? Pues bien, en el siglo XVIII Johann Sebastian Bach (1685-1750), en su obra *El clave bien temperado* efectuó algunos cambios fundamentales que habían sido introducidos a la escala musical. Es a partir de este momento que la nueva escala llamada *temperada* es utilizada en Occidente (Álvarez, 1991). En esta escala existen once frecuencias intermedias entre una nota y su octava más aguda, estas son:

do do# re re# mi fa fa# sol sol# la la# si Do

Donde el signo # indica una nota *sostenida*; en el piano corresponden a las 5 teclas negras que se encuentran entre las teclas blancas (figura 7).

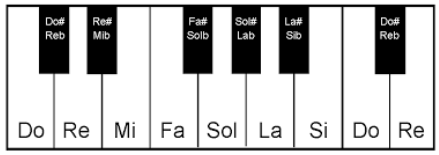


Figura 7. Tomada de: https://sweepfliping.wordpress.com

De lo anterior se puede concluir que todo el conjunto de notas es una octava y que en el teclado de un piano se tienen varias octavas (figura 8).

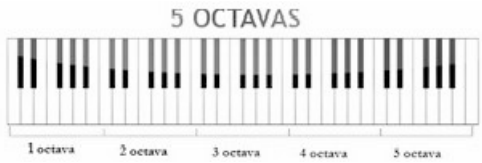


Figura 8. Tomada de: http://www.estudiarpiano.com

Construya una segunda tabla (la 2) usando las frecuencias de la tabla 1, agregue las frecuencias de las notas sostenidas y las frecuencias de las notas que están ubicadas en la cuarta octava del piano, que se muestra en la figura 9. Luego verifique la relación que define la proporción armónica, para ello elija como tónica otra nota distinta a *do* y encuentre el intervalo de cuarta.

El valor de la longitud del intervalo de cuarta viene dado por el cociente entre las frecuencias de la tónica y su cuarta. En el caso de la nota *do* y su cuarta *fa* se tiene:

$$\frac{f_{fa}}{f_{do}} = \frac{348{,}3}{261} \cong \frac{4}{3}$$

Verifique que la longitud del intervalo de cuarta no varía al realizar el cociente entre cualquier otra nota musical y su cuarta.

Media geométrica. Esta se expresa como: . Y define la relación entre octavas sucesivas o intervalo de octavas. Por ejemplo, si se toman las frecuencias de las notas centrales $a = f_{do}$ y $b = f_{Do}$ (frecuencias de las notas *do* y *Do,* respectivamente, ubicadas en la tercera octava de un piano) se obtiene la frecuencia de la siguiente octava de *Do*, denotada por *Do4*.

Verifique lo anterior usando las frecuencias de la tabla 2, haga lo mismo tomando como tónica otra nota distinta a *do* y encuentre su octava.

El valor de la longitud del intervalo de octavas viene dado por el cociente entre las frecuencias de la tónica y su cuarta; por ejemplo, al tomar las frecuencias de las notas *do* y su octava *Do*, se puede encontrar que el valor de la longitud del intervalo de octava es:

$$\frac{f_{Do}}{f_{do}} = \frac{522}{261} \cong \frac{2}{1}$$

Lo anterior quiere decir que la frecuencia de una nota una octava más aguda que otra es exactamente el doble de esta, así si se tiene un *La* a una frecuencia de 440 Hz (herz), el siguiente *LA* más agudo (una octava más arriba) estará exactamente a una frecuencia de 880 Hz, mientras que el anterior, más grave (una octava más abajo), estará a la mitad con una frecuencia de 220 Hz.

Verifique que la longitud del intervalo de cuarta no varía al realizar el cociente entre cualquier otra nota musical y su octava. Luego complete la siguiente tabla con sus respectivas frecuencias.

POSICIÓN	NOTA MUSICAL	FRECUENCIA
1	do2	
2	do#2/reb2	
3	re2	
4	re#2/mib2	
5	mi2	

Figura 9. Tabla de frecuencias.

Según la tabla de frecuencias, en la columna Posición, ¿cómo está relacionado el listado de números que aparecen? De acuerdo con la respuesta obtenida de la pregunta anterior, ¿se puede concluir lo mismo de la lista de frecuencias? Si la respuesta no es afirmativa, ¿cómo podemos establecer una relación entre los valores de la lista de frecuencias?

Las definiciones de progresión geométrica y aritmética facilitarán la comprensión de la relación de los valores de las listas indicadas.

Considérese la nota *La* a la derecha del *do* central, la cual tiene una frecuencia de 440 Hz, el sonido de referencia recomendado internacionalmente para la afinación de los instrumentos. Además, como ya se dijo, la relación entre octavas es de 2 a 1, por lo que la diferencia entre el *La3* y el *La4* es de 220 Hz, mientras que entre el *La4 y La5* es del doble, 440 Hz. De igual manera, entre *La*5 y *La6* sigue siendo el doble, 880 Hz. Si se representa en un eje de coordenadas la frecuencia de cada nota musical, ¿la representación es lineal? Al reflexionar un poco sobre esta pregunta seguramente la respuesta es no, aunque sobre el papel se observe que hay la misma distancia entre *La3* y *La4*, *La4* y *La5*, etc.

Construya una tabla (la 4) similar a la tabla 3, que contenga las frecuencias de cada nota musical entre la 3ª, 4ª y 5ª octava de un piano, incluidas las notas sostenidas, o bemoles. Luego elabore un gráfico y explore lo comentado en el párrafo anterior.

Este tipo de series, en las que la linealidad se pierde pero en las que se determina una proporción constante, es lo que se conoce como una progresión geométrica (Pastor, 2088). Lo anterior sugiere el uso de los logaritmos para poder representar de forma lineal magnitudes que varían exponencialmente. Se deduce, entonces, que las notas espaciadas de manera uniforme a lo largo de un piano son la visión logarítmica de la progresión geométrica. Pero si esto es cierto, entonces debe existir un factor multiplicativo constante o, en otras palabras, la razón de la progresión, ¿cuál es esta razón?

Para dar respuesta al interrogante primero se debe considerar la definición de progresión geométrica y relacionarla con la teoría musical descrita a lo largo de este trabajo de investigación.

Mirada en la que se pone énfasis en la gestión de la participación del estudiante

Desde nuestra perspectiva, la formación del profesor contempla un amplio espectro de conocimientos, habilidades, comportamientos y complejidad, dado que la "materia prima" es el ser. Por ello, desde la didáctica, existen estudios de algunos aspectos que se pueden formar en los docentes y de esta manera esbozar la enseñanza más allá de un arte. Es así, que trataremos de exponer una organización de la gestión del trabajo en el aula.

El profesor y el trabajo colaborativo

Un trabajo en el aula que busque propiciar una red de interacciones entre estudiantes, en la cual se involucre un cambio de discurso que establezca un giro en el papel del profesor de preguntar-escuchar-validar, por uno en el cual los estudiantes se sientan invitados a argumentar-escuchar y volver a argumentar, que realice conjeturas y tenga la oportunidad de experimentar. Ese trabajo puede tener momentos en los cuales el docente necesite gestionar en el aula la integración de subgrupos de estudio de los contenidos, de tal forma que un ejercicio en la formación del profesor es aprender a ser miembro, tanto en un trabajo colaborativo como en el cooperativo.

La exposición y análisis de diferencias entre el papel del maestro en el trabajo colaborativo y cooperativo, en Maldonado (2007) y Ibarra-Sáiz y Rodríguez (2007) son conocimientos que coadyuvan al docente a tener argumentos, sobre momentos a reformular, en la planificación de sus horas de clase.

A partir de lo anterior, iniciamos en esta sección algunas de las reflexiones y el estudio que proponemos en la formación de docentes que se desempeñan en el área de matemáticas en los primeros semestres universitarios. Presentamos algunos de los resultados obtenidos al analizar el trabajo en grupo, de estudiantes universitarios de precálculo en el primer semestre de pregrado. Resultados que surgen a partir de una tarea en la cual el profesor cumple, en ocasiones, funciones semejantes a las de un trabajo cooperativo y en otros aspectos similares a un trabajo colaborativo.

Consideramos que el discurso del profesor se vuelve más flexible y profundo, cuando conoce y puede experimentar a través de otras situaciones, que no sean solamente su participación real en clase, sino también los resultados de investigaciones, ya sean estos presentados a manera de relatos,

estudios de caso o resultados estadísticos. Por ello, en el ámbito de nuestra indagación se presentará un consolidado de una experiencia en clase con estudiantes de precálculo.

En la experiencia, se planteó una tarea a los estudiantes de matemáticas de pregrado en su primer semestre de estudios, en I - 2015 y se llevó a término durante todo el semestre con 127 estudiantes, quienes se organizaron en grupos de 5 o 6 estudiantes. De los cuales presentamos la clasificación de la tarea de 7 grupos.

Para la tarea realizada con la asesoría del profesor, el procedimiento consistió en la lectura general del libro *El diablo de los n*úmeros (Enzenberger, 1998). Sobre dicha lectura, durante el semestre se ha realizado al menos una socialización en la cual se ha tratado de "explorar" una de las noches y conversar sobre las características que el escritor presenta, concerniente al tema matemático. En dichas conversaciones se permiten comentarios adicionales, con respecto a: los dibujos utilizados, los diagramas, los recursos lúdicos, el vocabulario, entre otros.

En la consulta guiada que el docente organiza, propone a los estudiantes participar en la indagación sobre las funciones exponenciales y logarítmicas a través de la revisión de algunos artículos específicos publicados en revistas especializadas en educación matemática, y con ese fin les propone diferentes preguntas y palabras clave.

Preguntas como, ¿qué relación existe entre las progresiones geométricas y aritméticas en la función exponencial?, ¿cómo establecer la relación mayor o menor entre dos potencias indicadas?, ¿existe alguna relación entre la función logarítmica y la función exponencial?, ¿en qué consiste la escala logarítmica? Estas llevan a recoger información de la producción de los estudiantes y a establecer algunos aspectos de su comprensión.

Consideramos que la siguiente clasificación, que presentamos de la producción escrita de los estudiantes, entraña una especial riqueza a las reflexiones que los profesores en formación o en su práctica pueden realizar. Así, hemos examinado el concepto sobre el cual desarrollan su escrito, el registro de representación que utilizan los estudiantes, el elemento sobre el cual sustentan su escrito –énfasis– y el uso de las TIC.

No.	**Concepto**	**Foco**	**Énfasis**	**Representación**	*Software* **TICS**
1	Función Logaritmo	Explican: progresión aritmética y geométrica	Plano cartesiano y relación en los ejes con las progresiones	Numérica Algebraica Gráfica	Geogebra para graficar
2	Función Logaritmo	Progresiones (completo) y función inversa	Tablas de datos	Tabular Gráfica Diagrama Sagital	Geogebra para graficar
3	Logaritmo	Orden de los logaritmos en diferentes bases	Reemplazar en fórmula. Cambio de base	Analítica	
4	Logaritmo	Orden de los logaritmos en diferentes bases	Uso de ecuaciones y el logaritmo como inversa de la exponencial	Analítica	Calculadora

No.	Concepto	Foco	Énfasis	Representación	*Software* TICS
5	Logaritmo	Orden de logaritmos en diferentes bases	Uso del exponente como cantidad de factores y recta numérica	Algebraica y analítica	
6	Función exponencial y función logarítmica	Relación entre la función logarítmica y la exponencial	Progresiones aritméticas y geométricas	Gráfica	*Software* graficador
7	Logaritmo	Orden de logaritmos en diferentes bases	Fórmula para cambio de bases	Algebraica	

Algunos de los aspectos que consideramos importante resaltar del escrito que realizan los grupos de estudiantes, los presentamos a continuación:

"El diablo ignorándolo le respondió:

- *Ya que has entendido, comenzaré con el primer paso para poder graficar la función logarítmica. Para esto, primero debemos hacer lo que haríamos con cualquier función; tomaremos en cuenta la siguiente ecuación y realizaremos una tabla de valores, para así saber qué puntos debemos tomar en cuenta para formar nuestra gráfica. Antes de empezar, debemos tener en cuenta esta ecuación. -El diablo sacó de sus bolsillos unas letras y números que inmediatamente ocuparon un lugar no muy lejano en el espacio.*

x	y
-3	$\frac{1}{8}$
-2	$\frac{1}{4}$
-1	$\frac{1}{2}$
0	1
1	2
2	4
3	8

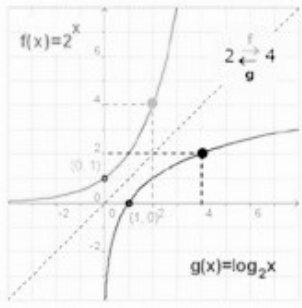
x	y
$\frac{1}{8}$	-3
$\frac{1}{4}$	-2
$\frac{1}{2}$	-1
1	0
2	1
4	2
8	3

$$y = \log_2 x$$

-Bien, querido Robert, ¿puedes ver las correspondientes tablas de las ecuaciones? -Preguntó el diablo con voz amable.

-Pero claro que puedo, y antes de que preguntes te voy a responder, observo la relación inversa de las dos tablas que en la primera ecuación exponencial convierte valores pequeños, agrandándolos para que la ecuación logarítmica los transforme en su valor original, tomando valores muy grandes volviéndolos pequeños; según las ecuaciones, cuando elevamos nuestra base dos a cero, el resultado será uno, cuando lo hacemos con uno el resultado será dos, y así sucesivamente, inversamente igual, es bastante fácil de relacionar -Dijo Robert emocionado, estaba entendiendo todo a la perfección y no podía estar más agradecido con su amigo Diablo" (Estudiantes, 2015).

Enseguida retoman la gráfica para las dos tablas de valores. Luego de presentar ejemplos de la progresión aritmética y geométrica, encontramos:



"El diablo con una cara de perversión se acerca a Robert y le dice -Bien muchacho, ahora te voy a poner a prueba, ya que entendiste muy bien las progresiones, te daré una progresión aritmética y una geométrica, tendrás que darme la explicación de cuál es la relación de estas dos con la función logarítmica -El diablo hizo aparecer unos números en el viento, los cuales se formaron de esta manera

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, ...
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

- *Bueno diablo, claramente las puedo identificar, la primera es una progresión geométrica de razón 2 y la segunda es una progresión aritmética de diferencia 1. Además, la progresión aritmética es la sucesión de los exponentes de los términos de la progresión geométrica, expresados estos como potencias de 2, te lo mostraré dibujándolo en el suelo -Robert empezó a dibujar con su dedo sobre el suelo, sus dibujos fueron tomando la siguiente forma:*

$1 = 2^0$	$2 = 2^1$	$4 = 2^2$	$8 = 2^3$	$16 = 2^4$	$32 = 2^5$	.....
0	1	2	3	4	5	.....

Luego cada término de la progresión aritmética se obtiene calculando el logaritmo de base 2, del correspondiente término de la progresión geométrica:

$$3 = \log_2 8 \ ; \ 5 = \log_2 32 \ ; 8 = \log_2 256$$

1	2	4	8	16	32	64	.....	x
0	1	2	3	4	5	6	.....	$\log_2 x$

Los grupos 3, 4 y 7 toman diferentes caminos al abordar la pregunta sobre cómo ordenar dos o más logaritmos. Así, mientras el grupo 7 recurre a utilizar la fórmula de cambio de base, para sustituir en esta y hallar la respuesta de cada logaritmo en base 10, el grupo 3, además, analiza "Quiere decir que si la base aumenta, el logaritmo disminuye siempre y cuando el argumento sea el mismo", pero no analizan el porqué. Sin embargo, el grupo 4 utiliza dos ejemplos numéricos, en los cuales con diferentes bases se debe hallar la misma potencia, y escriben: "Ellos al comparar las respuestas llegaron a una conclusión: entre más grande sea la base, más pequeño será el número".

En la observación concerniente al grupo 5, llama la atención que los estudiantes escriban: "-En efecto mi pequeño aprendiz. Si ya sabemos que los números saltarines crecen con gran rapidez, por el contrario, los *números caídos (logaritmos) descienden a gran velocidad -afirmó el anciano"*2 (grupo de estudiantes de primer semestre).

Es de tener en cuenta que la razón de cambio promedio de esta función nos muestra un lento crecimiento; por tanto, se considera necesario que el profesor indague sobre el significado de

2 En cualquier caso, consideramos importante indagar qué es lo que tratan de expresar los estudiantes en esta frase y qué entendería un maestro, o cómo procedería a realizar un seguimiento de la comprensión de la característica del concepto, si encuentra dicha redacción en un trabajo presentado por sus estudiantes.

afirmaciones como la presentada por los estudiantes en el párrafo anterior y les permita analizar las dos funciones respecto a su razón de cambio y la escala logarítmica con números enteros, que parece ser lo mencionado en la interpretación de los estudiantes.

Mirada con énfasis en la escala base 10. El caso de la escala de Richter

La sección anterior presentó un análisis de la información dada por los estudiantes en cada uno de sus grupos, al realizar la lectura del texto *El diablo de los números,* lo que permitió una aproximación a las formas como ellos están comprendiendo la relación entre funciones exponenciales y logarítmicas. A continuación, se utilizará la escala de Richter; un modelo matemático que indica la magnitud de un terremoto, y su base está en el uso de logaritmos. Este modelo se usa como recurso para presentar una secuencia de trabajo con los docentes de precálculo, como propuesta para abordar esta temática en sus cursos.

¿Cómo funciona el modelo?

La magnitud de un terremoto es uno de los principales parámetros a considerar cuando este se presenta. Aunque en la actualidad se utilicen diferentes escalas para expresar dicha magnitud, se propone en esta sección el trabajo que está basado en la escala de magnitud local, dado por Richter en 1935.

La escala de magnitud Richter es una medida del cálculo de energía que libera un terremoto, y permite clasificar a los sismos en una escala de 0 a 10, donde cada unidad en la escala representa un incremento de 10 veces la amplitud de la traza de una onda sísmica registrada en un sismógrafo (Ayala-Carcedo & Santos, 2002). A continuación, se presenta una tabla con el fin de que sea más perceptible el daño que puede causar un sismo en relación con su magnitud según la escala de Richter:

Magnitud Richter	Energía equivalente en peso de TNT	Daños observados
Hasta 3	< de 181,4 kg	Difícilmente predecible.
3-4	Hasta 6 tn	Se siente vibración como un camión cercano.
>4-5	Hasta 200 tn	Pequeños objetos se vuelcan, gente se despierta.
>5-6	Hasta 6.270 tn	Dificultad para mantenerse en pie. Daños moderados en construcciones de ladrillo.
>6-7	Hasta 100.000 tn	Pánico general; cae algún muro.
>7-8	Hasta 6.270.00 tn	Destrucción masiva, grandes deslizamientos.
8-9	Hasta 200.000.000 tn	Destrucción total; se ven ondas en la superficie del suelo.

Escala de magnitud en relación con daños observados. Modificada de Ayala-Carcedo y Santos (2002).

Inicialmente la magnitud está dada en función de la amplitud máxima de la onda A registrada en un sismógrafo Wood-Anderson a 100 kilómetros de distancia del epicentro. Richter define la magnitud mediante la expresión:

Donde es la amplitud máxima en milímetros que se registra en un sismograma y la amplitud registrada en un terremoto estándar (Peláez, 2011).

Imagen de un sismograma. Modificada de Miller (2013).

Por ejemplo, en relación con la imagen anterior, si tomamos el registro del sismograma y encontramos que su medida es de 0.5 mm, y la amplitud de es de 50 mm, entonces la magnitud que se registra sería:

$$M = \log\left(\frac{50}{0.5}\right) = \log(100) = 2$$

De esta forma se indica que el sismo fue de magnitud 2 en la escala de Richter.

La propuesta de esta sección parte de presentar una aplicación que es de interés general, dado el contexto de la escala de Richter; adicional a esto una justificación de por qué es necesario utilizar una escala logarítmica y, finalmente, una propuesta de trabajo que permita aplicar los conceptos desarrollados.

En relación con lo anterior, el trabajo con los docentes se inicia al realizar una presentación de lo que implica la escala de Richter, y la correspondencia que esta tiene con las progresiones geométricas. Posterior a esto, se plantean unas preguntas, las cuales implican lo desarrollado en las secciones anteriores y al inicio de esta sección.

- La primera pregunta que se plantea es: ¿cuáles son las ventajas y por qué se trabaja con una escala logarítmica, en el caso de la escala de Richter?

Para dar respuesta a esta pregunta, se realiza un trabajo previo, en el que se solicita al docente que tome los primeros 6 términos de una progresión geométrica B y los relacione con los primeros 6 términos de una progresión aritmética A.

A	B
1	10
2	100
3	1000
4	10000
5	100000
6	1000000
7	10000000
8	100000000
9	1000000000
10	10000000000

Lo anterior, dado que, al explicar el modelo, se indicó que cada unidad en la escala de Richter representa un incremento de 10 veces la amplitud de la traza de una onda sísmica registrada en un

sismógrafo. Del trabajo previo realizado con las regularidades, la diferencia entre dos términos consecutivos en la progresión A es constante; asimismo, la razón entre dos términos consecutivos cualesquiera de la progresión B también lo es. Luego, la pregunta ¿cuál es la expresión que relaciona cada término de la progresión B con A? Debería traer como respuesta una expresión logarítmica.

De otra parte, las escalas logarítmicas facilitan la representación de un conjunto de términos en el plano de coordenadas; para presentar esta salvedad a los docentes, se pide que representen en el plano los pares de las progresiones A y B; (1, 10), (2, 100), y así sucesivamente. Después, se solicitará que cambie los valores de la progresión geométrica por los valores del logaritmo base 10 de cada término, y realice la ubicación de los nuevos pares considerando el cambio de los términos de la progresión B. Al finalizar este proceso se preguntará:

- ¿Qué conclusión obtiene al representar los dos conjuntos de pares en el plano?

La respuesta debe estar relacionada con la utilidad de la escala logarítmica para representar términos con valores exageradamente grandes o pequeños, y reducirlos a términos más fáciles de representar (cantidad de dígitos).

- ¿Si un temblor de magnitud 3 es 10 veces más intenso que un temblor de magnitud 4, entonces un temblor de grado 6, cuántas veces es más intenso que uno de grado 3?

- Utilice una regla para medir el valor de la amplitud de onda mayor en el gráfico, tome , e indique cómo hallaría la magnitud del terremoto.

- Con una regla, tome el intervalo que va desde hasta la amplitud de onda mayor, y divida el intervalo en 6 subintervalos de igual longitud; desde hasta , de tal forma que en se presente la amplitud de onda mayor. Al finalizar, con la regla tome la amplitud de onda en y calcule su respectiva magnitud para completar la tabla:

¿Describa cuál es la diferencia entre el comportamiento de las amplitudes de onda y las magnitudes? ¿Cómo están relacionadas? ¿Si solo se tiene la información de la columna magnitud, qué operación se debe realizar para completar la columna de la amplitud de onda?

Estas acciones permitirán que el docente no solo utilice la escala logarítmica como una herramienta de representación, sino que también comprenda su origen y aplicación en diferentes campos de las ciencias, así como el significado que tiene pasar de una unidad a otra al utilizar la escala logarítmica, por ejemplo: la distancia entre una amplitud igual a 100 y una igual a 1.000 desde la escala logarítmica base 10, es de solo una unidad; en este caso se estaría representando la magnitud del terremoto y no la amplitud de onda.

A manera de conclusiones y discusión de los resultados

La comprensión de la función exponencial y la función logarítmica a través de su génesis histórica, concerniente al vínculo entre las progresiones geométrica y aritmética aplicado a fenómenos específicos, demanda el estudio sistemático de una red de conceptos que invita al profesor a profundizar no solo en la matemática sino en las diversas formas de llegar a comprenderla y el compromiso en las tareas profesionales de planificación de las clases, la gestión de la discusión y el discurso en sus clases.

El profesor puede seleccionar contextos específicos, teniendo como referente la base 10, en la comprensión de la escala logarítmica; este es un aprendizaje central tanto en el esquema que los profesores integran a sus construcciones mentales de este concepto, como para que posteriormente impacte en las trayectorias hipotéticas de aprendizaje que él proyecte en sus planificaciones de aula.

En el ámbito de la modelación es de gran riqueza integrar el uso de hoja de cálculo dinámica y el programa Geogebra, en ello coincidimos con propuestas de otros investigadores; sin embargo, consideramos que hay que establecer estrategias para que lleguen al aula. De aquí la decisión de incluir, como ejemplo, las secuencias elaboradas por los estudiantes, quienes se apoyan en consultas en revistas de didáctica de la matemática.

El trabajo que se propone en la hoja de cálculo, inicia en el análisis del comportamiento y de las regularidades, y se recurre luego al uso del sensor de sonido y al LabQuest*2 o la aplicación de celular. Esto, no solo permite establecer y validar conjeturas, también abre un campo de oportunidades al docente para explorar diferentes formas de presentar la escala logarítmica, y en contextos como la música, resaltar su nexo con las progresiones geométrica y aritmética.

El estudio por parte de los profesores de la escala de Ritcher, que les permita comprender cuáles son las ventajas y por qué se trabaja con una escala logarítmica, en el caso de la escala de Richter, los dota de argumentos que les permite reflexionar sobre las tareas y las exigencias cognitivas de estas para sus estudiantes.

Nuestra investigación muestra ejemplos que coinciden con hallazgos, en estudios que se han llevado a término, con grupos de estudiantes universitarios, quienes manifiestan un más alto nivel de implicación cuando se desarrollan las clases en grupos de trabajo cooperativo y colaborativo.

Referencias bibliográficas

Álvarez Falcón, José M. (1991). Matemáticas y música: el matrimonio secreto. *Revista N*úmeros, vol. 21. Sevilla.

Ayala-Carcedo, F. & Cantos, J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel.

Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H.-W. & Niss, M. (Eds.) (2007). Modelling and aplications in mathematics education. The 14th ICMI Study. New York: Springer.

Enzenberger, H. M. (1998). *El diablo de los números.* Madrid, España: Ediciones Siruela.

Escobar, N. (2014). Elementos históricos para la enseñanza de la función logarítmica en la educación básica. *Revista Brasileira de História da Matemática, 14* (29): 83-129.

Ferrari, M. (2007). *Construcción social del conocimiento matemático: la función logaritmo.* México: Departamento de Matemática Eductiva. Memoria Predoctoral. Cinvestav-IPN, México.

Ferrari, M. & Farfan, R. M. (2008). Un estudio socioepistemológico de lo logarítmico: la construcción de una red de modelos. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 11* (3): 309-354.

González, M. T. & Vargas, J. (2015). Aportes de la historia de la matemática a la investigación en DMA. En: Azcárate C. *et al*. *Didáctica del análisis matemático: una revisión de las investigaciones sobre su enseñanza y aprendizaje en el contexto de la SEIEM* (págs. 53-63). Santa Cruz de Tenerife, España: Universidad de la Laguna.

Ibarra-Sáiz, M. S. & Rodríguez, G. (2007). El trabajo colaborativo en las aulas universitarias: reflexiones desde la autoevaluación. *Revista de Educación, 369*: 355-375.

López, R. & Ferrari, M. (2007). La función logaritmo bajo la perspectiva de la construcción dada por Agnesi (1748). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, 20*: 450-455.

Maldonado, M. (2007). El trabajo colaborativo en el aula universitaria. *Revista de Educación, 13* (23): 263-278.

Miller, M. (2013). La interpretación de sismogramas. Una clase práctica de GTS. Recuperado de: http://www.mttmllr.com/geoTS_files/gts_ejemplos_sismogramas.pdf

Mousel, S. A. (2006). *The Exponential Function.* Recuperado de: MAT Exam Exposiory Papers. Paper 26: http://digitalcommons.unl.edu/mathmidexppap/26

Oliveira, A. & de la Roque, G. (2011). O potencial das actividades centradas em produçoes de alunos na formaçao de professores de matemática. *RELIME. Revista l.*

Pastor Martín, Ángel (2008). Matemáticas en la música. *Revista SUMA,* 59: 17-21.

Peláez, J. (2011). Sobre las escalas de magnitud. Enseñanza de las ciencias de la Tierra. ISSN 1132-9157 (pp. 267-275).

Rangel Álvarez, L. M. (2012). Patrones y regularidades numéricas: razonamiento inductivo. Bogotá: tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.

Serret, J. (1887). *Traité d'arithmétique* (séptima edición). París, Francia: Gauthier-Villars.

Sureda, D. P. & Otero, M. R. (2015). Solving Exponential Situations and Conceptualization. *Educacao Matematica Pesquisa, 17* (2): 5-28.

Tomasini, M. C. (2007). "El fundamento matemático de la escala musical y sus raíces pitagóricas", C&T Universidad de Palermo, pp. 15-27.

Trigueros Gaisman, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, enero-marzo, 75-87.

Vargas, J. (2012, 2013). Análisis de la práctica del docente universitario de precálculo. Estudio de casos en la enseñanza de las funciones exponenciales. Salamanca, España: tesis doctoral, Universidad de Salamanca.

Vargas, J. & Gacharná, H. (2008). Capacidad de búsqueda bibliográfica: investigación formativa con estudiantes de bacteriología y laboratorio clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. *NOVA, 6*: 85-93.

Vargas, J. & González Astudillo, M. T. (2007). Segmentos de la historia: la función logarítmica. *Matemática: Enseñanza Universitaria*, 129-144.

Vargas, J., Castañeda, M. & Novoa, J. (2016). Historia y epistemología de la función logarítmica: conceptualización y marco teórico para la enseñanza del concepto. El caso de la representación de la curva logarítmica. En: *Diario de Campo.* Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Vargas, J., Pérez, M. & González, M. T. (2011). El logaritmo: ¿cómo animar un punto que relacione una progresión geométrica y una aritmética? En: P. P. (Ed.). *Memorias del 20.º Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones* (pp. 129-138). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.

Vázquez, V. (1855). Tablas de logaritmos vulgares desde el 1 hasta el 2.000. Madrid: XX Edición.

Villa, J. (2009). Modelación en educación matemática: una mirada desde los lineamientos y estándares curriculares colombianos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* (27). Recuperado de: http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/102

CAPÍTULO 13.

PÉPTIDOS ANTIMICROBIANOS ANÁLOGOS A LA CATELICIDINA HUMANA LL-37

Liliana Muñoz Molina
Fredy Alexander Guevara Agudelo
Luz Mary Salazar Pulido
Jeannette Navarrete Ospina
Gladys Pinilla Bermúdez

Introducción

Las infecciones intrahospitalarias asociadas a dispositivos médicos son un problema de salud pública en nuestro país, por su frecuencia, severidad y alto costo. Uno de los más importantes patógenos, asociado a este problema, es el *Staphylococcus* spp., por su capacidad de adaptación a condiciones ambientales desfavorables y facilidad de adherencia que presenta, en especial en catéteres intravasculares, prótesis, sondas, etc. Estos microorganismos pueden formar estructuras tridimensionales, denominadas biopelículas, o "biofilm" por su definición en inglés, las cuales, por medio de la producción de polisacáridos extracelulares, pueden adherirse a casi cualquier tipo de superficie, evadir la acción del sistema inmunitario y aumentar de forma considerable la resistencia a moléculas antimicrobianas.

En el área de la Medicina, la investigación sobre biopelículas se ha centrado en su relación con infecciones bacterianas y resistencia a fármacos. Estas infecciones son una enfermedad grave y principal causa de muertes en el planeta. Especialmente preocupante es la resistencia creciente a los antibióticos, que se ha convertido en un problema médico importante en países en desarrollo (Barsoumian, 2015). En 2000, un informe del Gobierno estadounidense identificó a las enfermedades infecciosas como de las principales causas de muerte en el mundo, y la tercera causa principal de muerte en Estados Unidos (Noha, D., 2000). De hecho, en el año 2015, como política nacional, el Gobierno de Estados Unidos implementó un plan de acción nacional para combatir bacterias resistentes a los antibióticos (The White House, 2015).

Se ha estimado que entre el 60 y 80% de las infecciones microbianas humanas son causadas por bacterias asociadas a biopelículas (WolcottmR, 2011). Patógenos multirresistentes, como Enterococcus faecium, Klebsiella pneumonia, Acinetobacter baumanii, Pseudomonas aeruginosa y Enterobacter spp., son de alta prevalencia en la mayoría de hospitales de EE. UU. (Fischbach, 2010). A medida que Staphylococcus aureus, resistente a la meticilina (MRSA), y otros patógenos capaces de formar biopelículas continúen emergiendo y propagándose, la comprensión y acción en contra de la resistencia de las biopelículas será una necesidad primordial (Kennedy, 2008).

El fenotipo multirresistente que otorgan las biopelículas se ha convertido en tema de importantes estudios, como el de María Kostakioti y colaboradores (Kostakioti, 2013), los cuales están orientados a la identificación de nuevos compuestos que sean capaces de destruir células en estado libre. Sin embargo, pocos son los estudios que demuestran actividad contra estructuras como la biopelícula.

Recientemente los péptidos catiónicos han surgido como un modelo interesante para la generación de fármacos promisorios antibiopelícula, debido a sus propiedades inherentes inmunomoduladoras, en específico antimicrobianas, al presentar características de selectividad y especificidad aún mayores en comparación con los antibióticos convencionales. En la actualidad, se han realizado observaciones donde péptidos de naturaleza humana presentan actividad rápida y potente, lo que ha generado buenas perspectivas para ser empleados como nuevos fármacos antimicrobianos o adyuvantes al tratamiento que actúen de forma sinérgica con los antibióticos o la respuesta inmune. Uno de los péptidos más promisorios es el LL-37, el cual presenta una actividad significativa al disgregar las células que forman biopelículas de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* (De la Fuente-Núñez, 2014), como también aumento de la fagocitosis de microorganismos como la *Escherichia coli* por macrófagos humanos, lo que evidencia una actividad doble, tanto de inmunomodulación como eliminación microbiana (Wan, 2014).

La importancia del empleo de LL-37 no solo se debe a sus características intrínsecas antimicrobianas sino también por las interacciones sinérgicas y antagónicas que presenta con otros mediadores inmunológicos; estas propiedades subyacentes de LL-37 han sido explotadas para crear péptidos reguladores de defensa innata que representan un nuevo enfoque inmunomodulador para el tratamiento de infecciones (Seil, 2010).

Los péptidos antimicrobianos son un grupo único y diverso de moléculas, que se dividen en subgrupos sobre la base de su composición y estructura de aminoácidos, con un tamaño entre 12 y 50 aminoácidos (Pushpanathan, 2013). Estos péptidos, de ordinario, dentro de su secuencia poseen dos o más residuos cargados de forma positiva, como arginina o lisina, y una gran proporción de residuos hidrófobos (generalmente > 50%) (Yin, 2012). La mayoría de los péptidos antimicrobianos presentan una estructura secundaria de α-hélice (He, 2013)produced by a wide range of organisms, have attracted attention due to their potential use as novel antibiotics. The majority of these peptides are cationic and are thought to function by permeabilizing the bacterial membrane, either by making pores or by dissolving it ('carpet' model, la cual les proporciona un cierto grado de selectividad por los fosfolípidos de la membrana bacteriana, debido a su carácter aniónico; sin embargo, se ha observado que la correcta optimización de parámetros de la molécula, como carga o estructura, lleva a una selectividad mayor hacia células microbianas y a disminuir la citotoxicidad frente a las células del hospedero (Hancock, 2006).

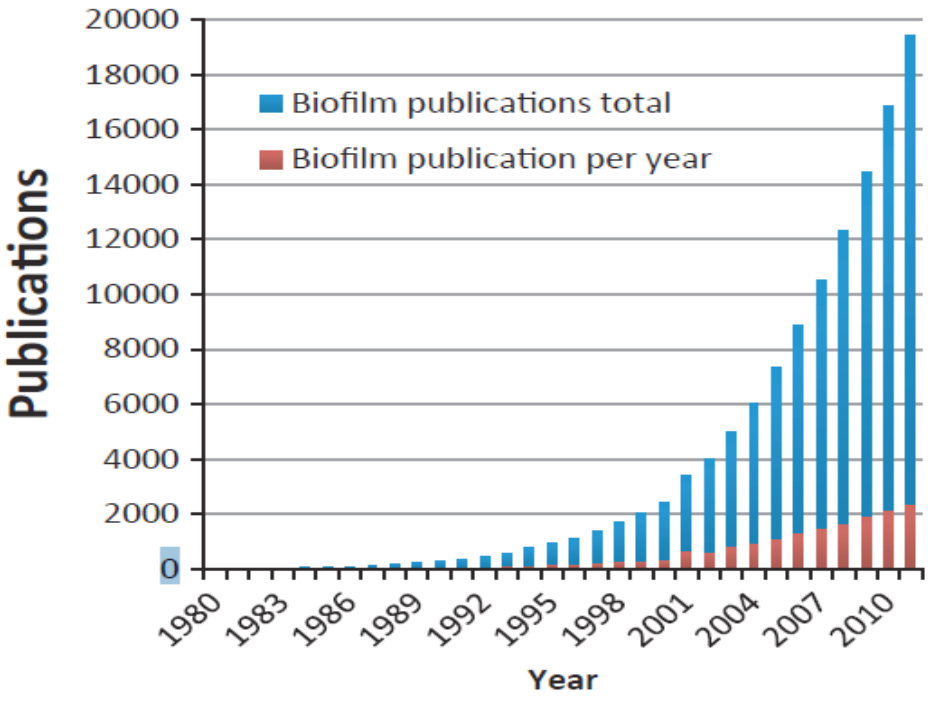
Todas las características mencionadas hacen de LL-37 ideal para su utilización como plantilla en el diseño de péptidos miméticos bioinformáticamente optimizados, que podrían ser empleados como estrategia para inhibir la conglomeración de microorganismos dispuestos en estructuras rígidas, como biopelículas. Por todo esto se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿el empleo de péptidos sintéticos análogos de la catelicida humana LL-37 podrá ser una estrategia útil de inhibición en la formación de biopelículas de aislamientos clínicos de *Staphylococcus* spp. de Bogotá, Colombia?

Por lo que el presente trabajo dio respuesta a la siguiente hipótesis: al menos uno de los péptidos antimicrobianos sintéticos derivados de la catelicidina humana LL-37 evaluado es efectivo sobre la inhibición de la formación de la biopelícula de *Staphylococcus*, constituyéndose en una propuesta de alternativa terapéutica para la LC.

Biopelículas

Estas son una parte natural de la ecología de la Tierra, y corresponden a una "estructura social" de los microorganismos en comparación con un estado libre o planctónico (Chua, 2014). Es un fenómeno microbiano ubicuo que se ha observado en bacterias, hongos, algas, levaduras, protozoos y otros organismos. En una biopelícula compuesta por organismos diversos, la interacción entre especies puede variar de neutral a cooperativo, a competitivo, y finalmente, a antagónico (Simoes, 2007)multiple microorganisms coexist as communities, competing for resources and often associated as biofilms. In this study, single- and dual-species biofilm formation by, and specific activities of, six heterotrophic intergeneric bacteria were determined using 96-well polystyrene plates over a 72-h period. These bacteria were isolated from drinking water and identified by partial 16S rRNA gene sequencing. A series of planktonic studies was also performed, assessing the bacterial growth rate, motility, and production of quorum-sensing inhibitors (QSI. La diversidad de organismos capaces de autoorganizarse y formar biopelículas es muy interesante, y puede proporcionar pistas sobre la evolución de los organismos multicelulares (Fleming, 1922), lo cual permite el planteamiento de la pregunta: ¿son las biopelículas un estado de transición en evolución y conforman la base de los organismos multicelulares? O ¿las biopelículas son simplemente un estado muy organizado de organismos de una única célula? El hecho de que las biopelículas proporcionan una ventaja significativa de supervivencia de adaptación a diferentes condiciones ambientales tal vez explica su amplia adaptación. Durante los últimos 15 años, la literatura sobre biopelículas ha aumentado de forma dramática, en términos de publicaciones (figura 1), y también se encuentran disponibles numerosos libros sobre el tema.

Figura 1. Publicaciones sobre biopelículas en PubMed (tomado de Bjarnsholt, 2013).



Papel de las biopelículas en infecciones humanas

Las bacterias son capaces de cambiar entre el estado de crecimiento planctónico (libre) y el de biopelícula. En contraste con el modo planctónico, bacterias en biopelícula son agregadas y embebidas en una matriz autogenerada, formada por sustancias poliméricas extracelulares, lo que facilita la unión a una superficie (Feng, 2015). Las infecciones agudas son, en general, causadas por células planctónicas, que pueden tratarse con éxito mediante la administración de antibióticos. Sin embargo, se cree que las infecciones crónicas involucran a bacterias en estado de biopelícula. El sistema inmune del huésped y los antimicrobianos convencionales a menudo no logran erradicar tales infecciones (Toba, 2011). Se estima que las biopelículas son responsables del 65 a 80% de las infecciones que ocurren en el cuerpo humano (Davles, 2003), las cuales, por su persistencia y naturaleza crónica, representan una enorme carga en los sistemas sanitarios en todo el mundo. A través de los procesos de dispersión, las biopelículas pueden provocar nuevas infecciones en el huésped y resultar en la transmisión de bacterias entre diferentes huéspedes (Kaplan, 2010).

Hasta el desarrollo muy reciente de vacunas y antibióticos, la humanidad ha sido acosada por infecciones epidémicas agudas, enfermedades causadas por células planctónicas de patógenos como *Vibrio cholerae* y *Yersinia pestis*. En la actualidad más de la mitad de las enfermedades infecciosas que afectan a individuos involucran especies bacterianas que son comensales con el ser humano o son comunes en nuestros entornos. Por ejemplo, bacterias *como Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* pueden causar infecciones crónicas (De León, 2014).

Una fuente significativa de infecciones relacionadas con biopelículas es la enfermedad cardíaca, que también es de las principales causas de mortalidad en Estados Unidos. Las técnicas quirúrgicas invasivas son inevitablemente necesarias para tratar los síntomas resultantes de la enfermedad cardíaca, que puede conducir a enfermedades infecciosas estafilocócicas mortales, como endocarditis (Elgharably, 2016), las infecciones procedentes de implantes y dispositivos médicos (por ejemplo, marcapasos, catéteres vasculares y dispositivos de asistencia ventricular son causas comunes de infección (Baddour, 2010). Las biopelículas también se han identificado en varios otros dispositivos médicos (Mohamed, 2007), como lentes de contacto, tubos endotraqueales, catéteres venosos centrales, marcapasos y prótesis que representan más del 80% de las infecciones microbianas en el cuerpo. La infección del tracto urinario asociada a catéteres urinarios es también una fuente común de infecciones de biopelículas (Soto, 2014).

Las infecciones asociadas a dispositivos médicos, causadas con más frecuencia por estafilococos coagulasa-negativa, en especial *Staphylococcus epidermidis*, son de creciente importancia en la Medicina moderna. Usualmente, la terapia antimicrobiana falla y hace necesario retirar el dispositivo implantado. El factor más importante en la patogénesis de las infecciones estafilocócicas asociadas a los dispositivos médicos es la formación de biopelículas bacterianas adherentes y multicapa. Estas infecciones asociadas a biopelículas pueden ser causadas por una sola especie o por una mezcla de especies de bacterias u hongos. En la tabla 1 se observa una lista de patógenos causantes de infecciones humanas asociadas a la formación de biopelícula (Costerton, 2012).

Tabla 1. Lista parcial de infecciones humanas asociadas con biopelículas.

Infección o enfermedad	Especies bacterianas comunes de biopelículas
Caries dentales	Cocos Gram positivos acidificantes (por ejemplo, *Streptococcus*)
Periodontitis	Bacterias orales anaeróbicas Gram negativas
Otitis media	Cepas no tipificables de *Haemophilus influenzae*
Infecciones musculo- esqueléticas	Cocos Gram positivos (por ejemplo, estafilococos)
Fascitis necrotizante	Estreptococos del grupo A
Infección del tracto biliar	Bacterias entéricas (por ejemplo, *Escherichia coli*)
Osteomielitis	*Staphylococcus aureus*
Prostatitis bacteriana	*E. coli* y otras bacterias Gram negativas
Endocarditis nativa de la válvula	*Streptpcoccus Viridans*
Neumonía por fibrosis quística	*P. aeruginosa* y *Burkholderia cepacia*
Meloidosis	*Pseudomonas pseudomallei*
Infecciones nosocomiales	
Suturas	*Staphylococcus epidermidis* y *S. aureus*
Derivaciones arteriovenosas	*Staphylococcus epidermidis* y *S. aureus*
Lentes de contacto	*P. aeruginosa* y cocos Gram positivos
Cistitis de catéter urinario	*E. coli* y otras bacterias Gram negativas
Tubos endotraqueales	Una variedad de bacterias y hongos
Catéteres venosos centrales	*S. epidermidis* y otros
Válvulas cardíacas mecánicas	*S. aureus* y *S. epidermidis*
Injertos vasculares	Cocos Gram positivos
Aparatos ortopédicos	*S. aureus y S. epidermidis*
Prótesis de pene	*S. aureus y S. epidermidis*

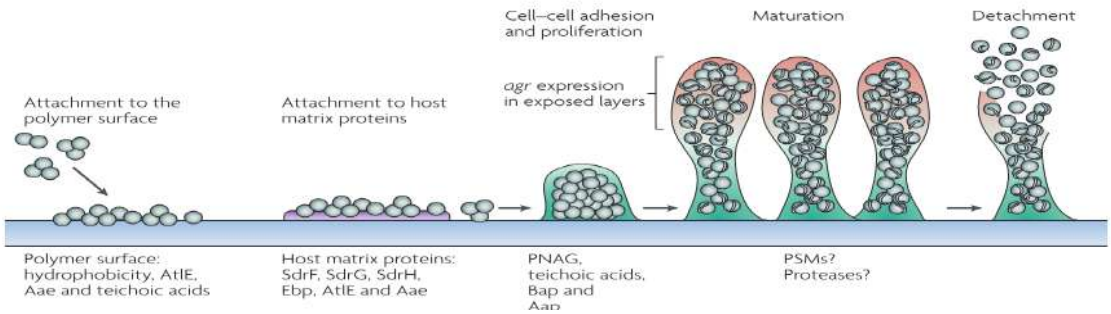
Las infecciones de biopelícula comparten características clínicas y se desarrollan preferentemente en superficies inertes y en dispositivos médicos; también pueden formarse en tejidos, como en el caso de la endocarditis (Elgharably, 2016).

Etapas en la formación de biopelículas

La formación y estructura de las biopelículas bacterianas ha sido revisada de forma amplia (Kim, 2012). Una biopelícula se compone de tres partes principales: un núcleo vivo, o no vivo, que proporciona una superficie húmeda para la estructura altamente organizada microbiana; una matriz hecha de proteínas extracelulares, ADN y polisacáridos unidos al polímero (β -1,6 N-acetilglucosamina)

(Stewart, 2015) y un agregado de microorganismos en una comunidad que intercambia nutrientes y señales químicas. El ciclo de vida de la biopelícula puede ser dividido en tres pasos: unión, crecimiento y propagación (figura 2). Primero, algunas colonias se adhieren reversiblemente a la superficie a través de las fuerzas de van der Waals, atracciones iónicas para crear un sitio de iniciación. Esto es seguido por una unión irreversible de las células a través de la producción de una matriz de exopolisacáridos y el crecimiento celular (Kostakloti, 2013). El crecimiento celular no es uniforme, lo que permite la formación de canales (Wilking, 2013). Por último, el desprendimiento de células individuales y la dispersión permite que la biopelícula se disemine y colonice nuevas superficies. Las biopelículas se ven como capas de bacterias encapsuladas en diferentes microambientes debido a las variaciones en la disponibilidad de nutrientes y distintas densidades celulares. Las bacterias dentro del núcleo de la biopelícula existen en una fase de crecimiento estacionaria o latente (Ilyina, 2004) y son fisiológicamente distintas de las bacterias planctónicas (Heffernan, 2009). Así, antibióticos cuya diana celular está relacionada con mecanismos celulares asociados con el crecimiento de bacterias presentan una actividad disminuida contra biopelículas. Estas forman estructuras espaciales irregulares, que son afectadas por diferentes factores ecológicos, biológicos, químicos y físicos. El efecto de estos factores en la formación de biopelícula se ha investigado de manera extensa con el uso de una variedad de simulaciones *in silico* (Kragh, K. N., 2016).

Figura 2. Representación esquemática de la formación de biopelícula (tomado de Kostakioti, 2013)



Las bacterias se unen a la superficie sólida y se incluyen en una matriz polimérica autoinducida. En el área de contacto entre las bacterias y la superficie, las células microbianas pueden interactuar con la superficie a través de varios apéndices de proteínas y polisacáridos (pili, flagelos, LPS, polisacáridos capsulares). Sobre la base de la biopelícula, las células bacterianas se incrustan en una matriz que contiene altas concentraciones de DNA extracelular, además de proteínas y polisacáridos. El DNA extracelular desempeña un papel importante en la formación inicial de biopelícula. En el núcleo de la esta, los canales de agua que transportan iones y nutrientes cruzan la matriz de biopelícula, que contiene altas concentraciones de sustancias exopoliméricas. Todos estos compuestos exocelulares forman una capa protectora alrededor de los microorganismos. En el área de desprendimiento de biopelícula, las enzimas microbianas destruyen la matriz exopolimérica y liberan las células que recuperan la movilidad, para poder colonizar nuevas superficies.

Biopelículas en *Staphylococcus*

Una de las bacterias que forman biopelículas médicamente relevantes es *Staphylococcus aureus,* la resistencia a los antibióticos y la capacidad de formación de biopelículas lo catalogan como uno de los patógenos más importantes en infecciones humanas, tanto en ámbitos hospitalarios como en la comunidad. Estos factores de virulencia no funcionan de forma independiente entre sí, ya que el fenotipo de biopelícula expresado por aislamientos clínicos de *S. aureus* está influenciado por la adquisición del gen *mecA,* que confiere resistencia a la meticilina. Además, las cepas de *S. aureus* sensibles a la meticilina (MSSA) producen comúnmente biopelícula dependiente de la adhesina intercelular (PIA), codificada por el operón *icaADBC*. Aunque múltiples factores bacterianos y externos influyen en la fijación y formación de biopelícula en la especie *Staphylococcus*, la producción de una adhesina polisacárido extracelular, denominada polisacárido de adhesina intercelular (PIA) o N-acetilglucosamina polimérica (PNAG) codificada por el operón *ica,* es actualmente uno de los mecanismos más estudiados (figura 3) (Otto, 2009).

PIA es un glicano de (β-1,6 2-acetamido - 2 -desoxi -D -glucopiranosil) con una carga neta positiva que promueve la agregación y unión de células a superficies inertes. El operón *ica* consta de cuatro genes, *icaA, icaD, icaB* y *icaC* y un gen represor, *icaR* (Ángeles, M., 2015)Bhp, Aap, Embp. La mayoría de investigaciones sobre la actividad del locus *ica* se ha realizado en *S. epidermidis,* pero hay una alta homología de secuencia de nucleótidos entre los loci *ica* de *S. epidermidis* y *S. aureus,* aproximadamente un 78% de identidad a nivel de aminoácidos. Estudios han demostrado la importancia de este operón en la formación de biopelículas en *Staphylococcus* sp. (Silva, 2015).

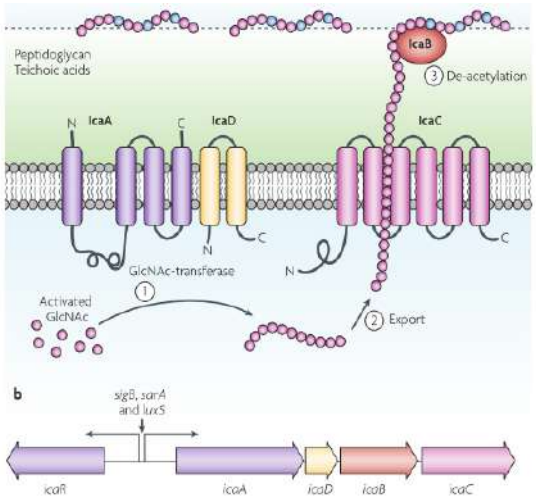


Figura 3. Exopolisacárido -N-acetilglucosamina (PIA) (tomado de Otto, 2009).

Como se observa, el exopolisacárido poli-N-acetilglucosamina (PNAG, también conocido como PIA), un homopolímero de N-acetilglucosamina (GlcNAc) ligado a β1-6 es parcialmente desacetilado implicado en la evasión inmune y la formación de biopelícula, es sintetizado por la GlcNAc transferasa *icaA*, que necesita la proteína accesoria de membrana *icaD* para la actividad (paso 1). La cadena creciente de PNAG es exportada por la proteína de membrana *icaC* (paso 2). Después de la exportación, la desacetilasa *icaB*, situada en la superficie celular, elimina algunos de los grupos N-acetilo

y da al polímero un carácter catiónico, que es esencial para la fijación de la superficie (paso 3). Las proteínas *ica* están codificadas por el locus del gen *ica* que contiene el operón *icaADBC* y el gen *icaR*, que codifica una proteína reguladora. La expresión del operón *icaADBC* está regulada directamente en el promotor *icaA* o mediante la expresión de *icaR*, ambos controlados por una serie de proteínas reguladoras globales (SigB, SarA y LuxS). Además, la inserción y la excisión del elemento IS256 pueden activar y desactivar la expresión PNAG (figura 3 b).

Resistencia a los antibióticos por biopelículas bacterianas

Las bacterias que se adhieren a una superficie y crecen como una biopelícula están protegidas de la muerte celular por los antibióticos. La reducción de la susceptibilidad a los antibióticos contribuye a la persistencia de infecciones asociadas con esta característica microbiana, por ejemplo, en dispositivos médicos (tubos endotraqueales, catéteres venosos centrales, catéteres urinarios y dispositivos intrauterinos). En casos extremos, las células bacterianas que conforman una biopelícula incrementan la resistencia a los antibióticos hasta en 1.000 veces (Penesyan, 2015). Mientras que muchas hipótesis se han dado para explicar la alta resistencia a los antibióticos que muestran las bacterias en biopelículas, constituye un claro ejemplo de resistencia adaptativa, un fenómeno que está atrayendo la atención de microbiólogos clínicos (Sandoval-motta, 2016). La adaptación natural de la resistencia en las biopelículas se evidencia por el hecho de que las células tomadas de una biopelícula y llevadas de nuevo al estado planctónico, por lo general recuperan su susceptibilidad original. Solo en EE. UU. infecciones causadas por bacterias resistentes a los antibióticos son responsables de más de 23.000 muertes y 2'000.000 de infecciones asociadas, con un costo directo de 20 mil millones de dólares al año, según el Centro Estadounidense para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) (Gelband, 2015). En Europa, el número es de alrededor de 25.000 muertes. En todo el mundo, desde Mozambique hasta India, y en Centromérica, hay cada vez más casos de infecciones resistentes a los medicamentos que están costando vidas y dinero (Laxminarayan, 2014). Los mecanismos protectores en las biopelículas parecen ser distintos de los que son responsables de la resistencia antibiótica convencional. En las biopelículas, la pobre penetración de antibióticos, la limitación de nutrientes, el crecimiento lento, las respuestas de estrés adaptativo y la formación de células persistentes constituyen una defensa de múltiples niveles. Los detalles genéticos y bioquímicos de estas defensas de biofilms solo están empezando a surgir. Cada gen y producto génico que contribuye a esta resistencia puede ser un objetivo para el desarrollo de nuevos agentes quimioterapéuticos. La desactivación de la resistencia a la biopelícula puede aumentar la capacidad de los antibióticos existentes para eliminar las infecciones que involucran biofilms que son refractarios a los tratamientos actuales.

Péptidos antimicrobianos (AMP)

Historia de los péptidos antimicrobianos

Los AMP han sido reconocidos en células procariotas desde 1939, cuando se aislaron sustancias antimicrobianas, denominadas gramicidinas, de Bacillus brevis, y se observó que presentaban actividad tanto in vitro como in vivo contra una amplia gama de bacterias Gram positivas (Dubos, 1939). Más tarde se demostró que las gramicidinas trataban con éxito las heridas infectadas en piel de co-

bayos, lo que indicaba su potencial terapéutico para uso clínico, y fueron los primeros AMP que se comercializaron como antibióticos (Liou, 2015). En el caso de los seres humanos y otros seres vivos, que están constantemente expuestos a la amenaza de infección microbiana, se sabe desde hace mucho tiempo que la protección contra estas infecciones fue proporcionada por el sistema inmune adaptativo. Sin embargo, esto planteó la pregunta de por qué las plantas y los insectos, que carecen de un sistema inmune adaptativo, también permanecen libres de infecciones durante la mayor parte del tiempo. La respuesta es que ahora se sabe que, de manera similar a procariotas, eucariotas también producen AMP e, históricamente, algunas fuentes atribuyen el descubrimiento de AMP eucariotas a los primeros trabajos sobre plantas, cuando en 1896 se mostró que una sustancia letal para la levadura de pan estaba presente en la harina de trigo (Hardy, 2012). A finales de la década de 1920, la lisozima fue identificada por Alexander Fleming, y es considerada por algunos autores como el primer caso reportado de un péptido con actividad antimicrobiana. En 1928, Fleming descubrió la penicilina. Con el advenimiento de la penicilina y la estreptomicina en 1943, comenzó la "Edad de oro de los antibióticos", que condujo a una rápida pérdida de interés en el potencial terapéutico de los antibióticos naturales como la lisozima y su importancia como defensa inmune (Zaffiri, 2012). Sin embargo, en 1942, se aisló una sustancia antimicrobiana que se había detectado previamente en el trigo a partir del endospermo de trigo (Triticum aestivum) y se encontró que era un péptido que inhibía el crecimiento de una variedad de fitopatógenos, como Pseudomonas solanacearum y Xanthomonas campestris. Más tarde, llamado purothionin a mediados de los años setenta, este péptido es ahora conocido como un miembro de la familia de las thioninas, que son AMP hallados en el reino vegetal (Fernández, 1972). Mientras el mundo conocía estas nuevas moléculas, también la "Edad de oro de los antibióticos" llegaba a su final con el surgimiento de patógenos microbianos resistentes a múltiples fármacos a principios de los años sesenta; se despertó un interés por las moléculas de defensa del huésped. Es este punto en el tiempo, que algunas fuentes consideran ser el verdadero origen de la investigación en AMP, comienzan los estudios, que se llevaron a cabo en los años 1950 y 1960, cuando se demostró que las proteínas catiónicas eran responsables de la capacidad de los neutrófilos humanos para eliminar bacterias a través de mecanismos independientes del oxígeno. También en la década de 1960, la proteína antimicrobiana, lactoferrina, fue aislada de la leche. A finales de la década de los setenta y ochenta, varios grupos informaron de una serie de AMP a partir de leucocitos, lo que hoy se conoce como α-defensinas. Estas defensinas estaban entre los primeros AMP estabilizados con cisteína. En 1981, Boman y colaboradores aislaron las proteínas antimicrobianas catiónicas inducibles, P9A y P9B, a partir de la hemolinfa de pupas de Hyalophora cecropia (Hultmark, 1983). Poco después, estos péptidos se secuenciaron, caracterizaron y denominaron con el nombre de "cecropinas", y se constituyeron de este modo los primeros AMP α-helicoidales. En 1987, otro estudio histórico se produjo cuando Zasloff y colaboradores (1987), aislaron y caracterizaron AMP catiónicos de la rana Xenopus laevis y, refiriéndose a su papel defensivo, llamaron a estos péptidos magaininas, después de la palabra hebrea para "escudo" (Zasloff, 1987).

Pocos años después, las β -defensinas y θ -defensinas, que difieren de las α-defensinas por el número de pares de cisteínas, se caracterizaron luego del aislamiento en granulocitos bovinos y leucocitos del mono Rhesus. Sobre la base de estos resultados, un número de investigadores consideró la posibilidad de que los AMP puedan desempeñar un papel en los sistemas de defensa de organismos que carecen de un sistema inmune adaptativo. Desde estos estudios iniciales, los AMP han sido ampliamente estudiados, no solo en plantas e insectos sino también en otros organismos invertebrados

que carecen de un sistema inmune adaptativo. La mayor parte de la comprensión actual de los AMP se ha obtenido de estudios realizados sobre aislados de secreciones de la piel de anfibios, que es una fuente rica en estos péptidos (Wiesner, 2010) . En combinación, estos estudios han establecido que AMP existen en casi todos los organismos multicelulares, y cada vez más se reconoce que estos péptidos tienen un papel importante en el sistema inmunitario de los mamíferos, incluidos los seres humanos. Estos péptidos han sido identificados en la mayoría de los sitios del cuerpo humano que normalmente están expuestos a microbios, como la piel y las mucosas, y son producidos por una serie de tipos de células sanguíneas, incluidos neutrófilos, eosinófilos y plaquetas (Bevins, 2011).

Mecanismos de acción

Los AMP promueven el daño de la membrana en células blanco por adelgazamiento de la membrana celular o por formación de poros o por disrupción de la bicapa lipídica. Se han propuesto varios modelos para describir el mecanismo de acción de los péptidos antimicrobianos. Los mecanismos de absorción celular de los AMP se clasifican en independientes y en dependientes de energía (figura 4). Los mecanismos de absorción independientes de energía incluyen el modelo de barril, el de alfombra y el toroidal, y el mecanismo de absorción dependiente de energía incluye la macropinocitosis. En el mecanismo barril, los monómeros peptídicos se agregan en la superficie de la membrana. Los péptidos agregados se insertan en la membrana y orientan de tal manera que sus cadenas laterales no polares se dirigen hacia el núcleo lipídico hidrófobo de la membrana y las superficies hidrófilas de los péptidos apuntan hacia dentro, formando así un poro transmembrana relleno de agua que causa la liberación de contenido intracelular y consigo la muerte celular. Un ejemplo de los péptidos antimicrobianos que siguen mecanismos barril incluye la Gramicidina S (Cirac, 2011). En el modelo de alfombra, los péptidos se asocian inicialmente en la superficie de la membrana y forman una alfombra local. Una vez que se alcanzó la concentración umbral particular, el péptido penetra en la membrana, lo que conduce a la disrupción de la membrana celular y provoca la lisis de las células microbianas. En el modelo de poro toroidal, los péptidos agregados, ya sea antes o después de su unión con la superficie de la membrana celular, inducen la despolarización de la membrana y crean un toroidal en forma de poros transmembrana con formación micelar que conduce a la muerte celular. Por otro lado, la macropinocitosis es la vía de absorción independiente de energía de los AMP. La plasmamembrana de las células diana se pliega hacia adentro junto con el péptido y forma vesículas llamadas macropinosomas. Posteriormente, los AMP dentro de las vesículas se liberan en el citoplasma y ejercen su acción antimicrobiana (Amos, S., 2016). Como se observa en la figura 4: a) Mecanismo independiente de la energía: incluye los modelos del bastón de barril, de la alfombra y toroidal del poro; b) Mecanismo dependiente de la energía: incluye la macropinocitosis.

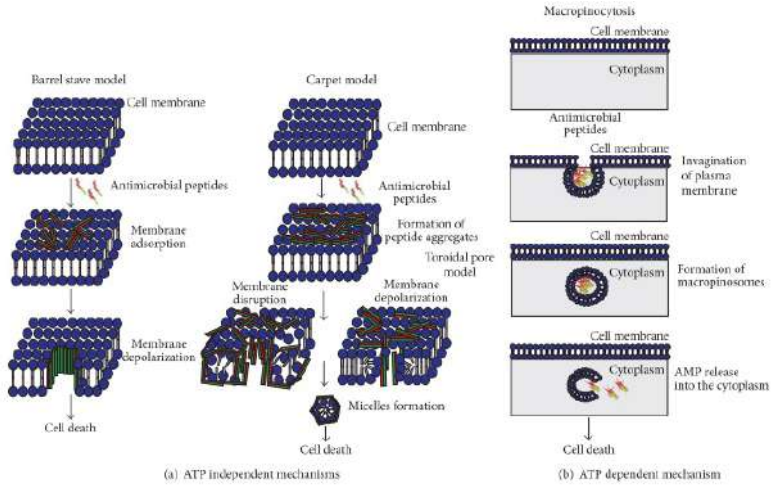


Figura 4. Mecanismos de acción de los AMP (Pushpanathan, M., 2013)

Catelicidinas

El primer péptido antimicrobiano de este grupo se aisló en el cerdo. El término catelicidinas fue introducido en 1995 por Zanetti *et al.* para describir las moléculas que contienen tanto un dominio "Cathelin" y un dominio antimicrobiano C-terminal. Cathelin se refiere a un acrónimo al inhibidor L catepsina (Kosciuczuk, 2012). Las proteínas de la catelicidina han sido estudiadas de forma amplia en mamíferos. Sin embargo, las catelicidinas también se han encontrado recientemente en el pollo y en tres especies de peces. La catelicidina humana tiene 18 kDa (hCAP-18) y es una proteína que se encuentra en los gránulos secundarios de los neutrófilos. También se encuentra presente en subpoblaciones de linfocitos, monocitos, en epitelios escamosos, en el epidídimo y en el pulmón (Byfield, 2011). Varias células de la piel, como queratinocitos, mastocitos o sebocitos, también expresan hCAP-18. La pre-prorregión de las catelicidinas tiene 128-145 residuos: el cual es una péptido señal de 29-30 residuos y una prorregión con 99-114 residuos (figura 5).

Actividad antimicrobiana y antibiopelícula de LL-37

Hasta ahora, más de 50 péptidos antimicrobianos diferentes (AMP) han sido descritos en distintos compartimientos del cuerpo humano, incluida la catelicidina, LL-37. LL-37 (NH2-LLGDFFRKSKEKIGKEFKRIVQRIKDFLRNLVPRTES-COOH) es una molécula cargada positivamente (+6 a pH~7.4) con un alto contenido de aminoácidos básicos e hidrofóbicos. La estructura del péptido LL-37 en disolución acuosa está relativamente desordenada, pero puede cambiar a una hélice al contacto con la pared bacteriana. LL-37 ha mostrado un amplio espectro de actividad contra bacterias Gram negativas y Gram positivas, varios virus y hongos.

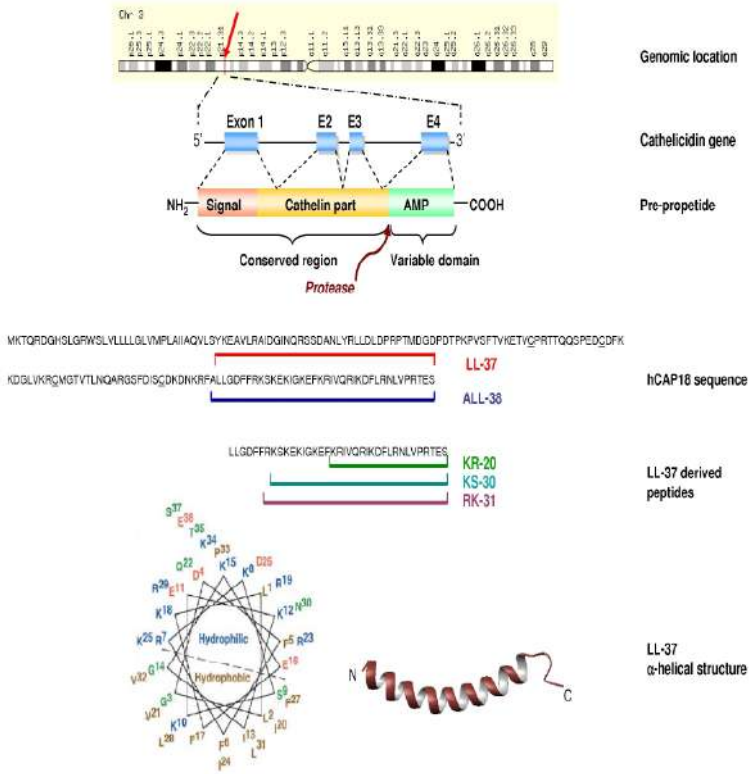


Figura 5. Estructura de la catelicidina humana LL-37 (tomado de Seil, 2010).

De arriba abajo: ubicación del gen de la catelicidina en el genoma humano y su estructura global del pre-propéptido y estructura primaria de hCAP-18. Secuencia de varios fragmentos de LL-37 y modelo que representa la estructura alfa-helicoidal secundaria de LL-37.

En individuos sanos, la función antimicrobiana de LL-37 es eficaz en sitios de su expresión epitelial a una concentración fisiológica de aproximadamente 2 µg/mL. En humanos, la LL-37, en cooperación con otros péptidos antimicrobianos catiónicos (CAP), previene la infección en los sistemas pulmonar y digestivo (Muniz, 2012).

LL-37 exhibe una potente actividad contra diferentes cepas bacterianas de *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Neisseria gonorrhoeae*. La actividad bactericida de LL-37 involucra la disrupción de la membrana (formación de poros, cambios en el empaque y organización de lípidos) después de la interacción con moléculas bacterianas cargadas negativamente y la inserción en la membrana (Moncla, 2012).

Además, LL-37 inhibe la formación de biopelículas bacterianas de diversas especies bacterianas, como *P. aeruginosa*, esto ocurre a una concentración de 0,5 µg/ml, muy por debajo de la concentración requerida para inhibir el crecimiento de *P. aeruginosa* (MIC = 64 µg/mL). LL-37 afecta la formación de biopelícula al disminuir la fijación de las células bacterianas.

Péptidos antimicrobianos como alternativa a los antibióticos convencionales

Los péptidos antimicrobianos han sido descritos como armas evolutivamente antiguas contra infecciones microbianas. Producidos por todos los organismos, desde procariotas a seres humanos, estos tienen un papel fundamental en la inmunidad innata. Proporcionan una defensa efectiva contra las infecciones y son candidatos para el diseño de nuevos agentes antimicrobianos para aplicaciones específicas, debido a sus propiedades antimicrobianas naturales y baja propensión al desarrollo de resistencia bacteriana.

A diferencia de los antibióticos convencionales, los péptidos antimicrobianos actúan desestabilizando y/o destruyendo las membranas celulares e, incluso, afectando blancos intracelulares. Aunque si bien se conocen algunos reportes sobre resistencia bacteriana a péptidos in vitro, la probabilidad de aparición de resistencia en condiciones naturales es muy baja, debido a que actúan de forma simultánea sobre diversas estructuras bacterianas fundamentales, como la membrana y la pared celular (Wang, 2016). Por tanto, para hacer frente a los péptidos antimicrobianos, las bacterias tendrían que reorganizar las propiedades bioquímicas de su membrana como un total, cambiar su composición, organización y potencial transmembrana, lo que sería una solución muy improbable y costosa energéticamente, en comparación con una mutación específica que altere un único blanco celular. Por su papel en la inmunidad del hospedero, su alta ubicuidad y su particular mecanismo de acción, se sugiere la posibilidad de usarlos como agentes antimicrobianos para una multitud de aplicaciones. A lo anterior se adiciona el esfuerzo considerable que se ha hecho para determinar su mecanismo de acción, comprender las bases estructurales de la selectividad celular y descubrir nuevos péptidos optimizados a partir de estrategias de mejoramiento para aplicaciones específicas (Batoni, 2016).

Diseño racional de péptidos antimicrobianos

Para desarrollar AMP que sean terapéuticamente potentes, varios objetivos deben ser alcanzados. Debe ser activo contra el patógeno de interés y tener baja toxicidad a la dosis terapéutica (es decir, tener un índice terapéutico elevado). Investigaciones recientes sobre AMP se han centrado en métodos para buscar a través de las bases de datos de secuencias de péptidos conocidos o predichos empíricamente. Se conocen tres enfoques de investigación: modificación de secuencias de AMP conocidos; modelado biofísico riguroso para entender la actividad del péptido, y cribado virtual (Fjell, 2012).

Al emplear péptidos conocidos como plantillas y realizar modificaciones estratégicas en la secuencia de aminoácidos con el fin de optimizar las propiedades como carga neta, hidrofobicidad y anfipaticidad, se desea potenciar la actividad antibacteriana, incrementar la inhibición de la biopelícula, mejorar la selectividad celular, incrementar la estabilidad a proteasas y finalmente ampliar la estabilidad estructural (Liu, 2015). Otra ventaja de este tipo de aproximación es la identificación de los aminoácidos y las posiciones que son importantes para la actividad del péptido; cecropina, magainina, protegrina y lactoferricina se han utilizado como plantillas de AMP. En la mayoría de los casos, la fuente de su actividad ha sido investigada al examinar variantes de péptidos que fueron diseñados sobre la base del concepto general de que la carga, hidrofobicidad y anfipaticidad son cruciales para la actividad peptídica; tales estudios han arrojado aportes sobre la importancia de los aminoácidos específicos y las posiciones de los residuos a la actividad del péptido (Zhang, 2015).

Características de optimización

En general, los péptidos antimicrobianos en la naturaleza poseen una carga neta entre +2 y +9 (12), lo que facilita la afinidad del péptido a la superficie de la membrana celular bacteriana a través de interacciones electrostáticas entre las cadenas laterales de los aminoácidos catiónicos y las cabezas aniónicas de los fosfolípidos cardiolipina (CL) y fosfatidilglicerol (PG). Esta afinidad explica la correlación existente entre la carga y la actividad antimicrobiana, de tal forma que al incrementar la carga se potencia la actividad y la selectividad hacia células bacterianas. Sin embargo, el aumento de la carga en exceso, más allá de incrementar la selectividad y afinidad, puede disminuir la actividad antimicrobiana e incluso favorecer la actividad hemolítica. Tal disminución de la actividad antibacteriana puede ser consecuencia de fuertes interacciones electrostáticas entre el péptido y las cabezas de los fosfolípidos aniónicos, lo que impide la inserción del péptido en la bicapa. Además, el exceso de aminoácidos catiónicos puede disminuir la helicidad del péptido, debido a interacciones electrostáticas repulsivas e impedimento estérico entre las cadenas laterales de los residuos básicos (Malmsten, 2016).

Asimismo, la hidrofobicidad es crucial para las interacciones de los péptidos con las membranas, ya que determina el nivel en el que un péptido se une e inserta en la membrana bacteriana. Por tanto, los péptidos antimicrobianos α-helicoidales deben tener un mínimo de hidrofobicidad para lograr insertarse en la membrana de las células bacterianas. Existe un rango de hidrofobicidad óptima, donde disminuirla o aumentarla provocará una reducción significativa de la actividad antibacteriana. Esta relación no se observa con la actividad hemolítica, donde el incremento progresivo de la hidrofobicidad se correlaciona con una actividad hemolítica cada vez más fuerte (Hollmann, 2016).

Otra característica importante para tener en cuenta es la anfipaticidad, que consiste en la separación longitudinal de la hélice peptídica en dos sectores: por un lado, el sector hidrofóbico, compuesto por aminoácidos hidrofóbicos, y por el lado opuesto, el sector hidrofílico, compuesto por aminoácidos polares y catiónicos. Esta conformación facilita las interacciones electrostáticas e hidrofóbicas del péptido con la membrana celular, ya que permite que el área hidrofílica interactúe con los grupos aniónicos de los fosfolípidos, mientras que el sector hidrofóbico entra en contacto con la parte hidrofóbica de la membrana. Esta conformación constituye un factor importante para la interacción del péptido con las membranas bacterianas, su posterior inserción y disrupción de la membrana. El grado de anfipaticidad de un péptido puede medirse a través del momento hidrofóbico, el cual se define como la magnitud de la suma vectorial de la hidrofobicidad de cada aminoácido. En muchos casos, la optimización de la anfipaticidad se describe como un valor alto del momento hidrofóbico y se correlaciona con una actividad antibacteriana potenciada (Tanaka, 2013).

Bases de datos de AMP

Como los AMP naturales se derivan en gran medida de secuencias codificadas por genes, se han aplicado métodos bioinformáticos para crear bases de datos de AMP conocidos, así como herramientas para predecirlos específicamente a partir de genomas que aún no han sido anotados. Por ejemplo, el recurso AMPer se desarrolló con el objetivo de clasificar los AMP naturales, así como predecir nuevos AMP en el genoma bovino usando modelos ocultos de Marcov (Fjell, 2007)we utilized publi-

cly available data on AMPs to construct hidden Markov models (HMMs. Otro ejemplo es la colección Antimic, que contiene aproximadamente 1.700 secuencias de AMP conocidas y putativas. Uno de los recursos de datos originales es la base de datos de secuencias antimicrobianas; se creó hace más de 14 años y en la actualidad hay al menos 21 repositorios AMP en diferentes etapas de actividad y mantenimiento. La Base de Datos de Péptidos Antimicrobianos (APD), y más tarde el APD2 actualizado, son un valioso recurso de secuencias de AMP. Esta base de datos bien actualizada ofrece varias opciones para búsqueda en diferentes reinos filogenéticos. En los últimos años, el descubrimiento de AMP de plantas y organismos marinos ha aumentado aún más la variedad de péptidos antiinfecciosos con potencial biotecnológico y farmacéutico (Falanga, A., 2016).

Los enfoques computacionales basados en este conocimiento han llevado al diseño de AMP sintéticos, como las adepantinas (antibióticos peptídicos diseñados sintéticamente).

Síntesis química de péptidos

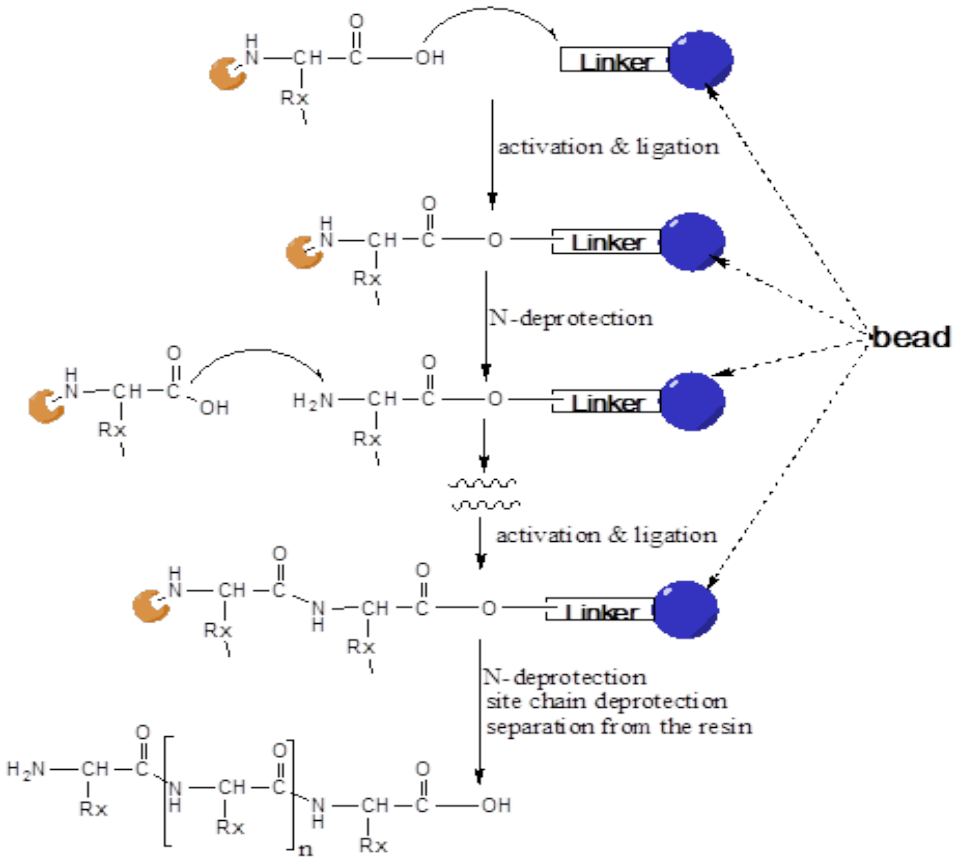
La síntesis de péptidos es la producción de péptidos, que son compuestos orgánicos en los que múltiples aminoácidos están unidos mediante enlaces amida, también conocidos como enlaces peptídicos. El proceso biológico de producir péptidos largos (proteínas) se conoce como biosíntesis de proteínas. Los péptidos se sintetizan al acoplar el grupo carboxilo de un aminoácido al grupo amino del siguiente aminoácido. Debido a la posibilidad de reacciones no deseadas, los grupos protectores son usualmente necesarios. La síntesis de péptidos químicos más común comienza en el extremo carboxilo del péptido, y procede hacia el extremo amino. Esta es la dirección opuesta de biosíntesis de proteínas. El hallazgo realizado en 1963 por Robert Bruce Merrifield al sintetizar el tetra péptido LEU-ALA-GLY-ALA en fase sólida, fue el inicio del desarrollo de la síntesis de péptidos en fase sólida (SPSS, por sus siglas en inglés) (Pipkorn, 2014).

Síntesis química de péptidos en fase sólida

La síntesis de péptidos en fase sólida se basa en la unión del aminoácido desde su extremo carboxiterminal (C-terminal) a un soporte insoluble y la posterior elongación secuencial, aminoácido por aminoácido de la cadena peptídica. El crecimiento de la cadena peptídica tiene lugar siempre por el extremo carboxilo de los aminoácidos, los cuales tienen el extremo α-amino y las cadenas laterales protegidas. Existen dos estrategias distintas para la síntesis de péptidos en fase sólida, la Boc/Bzl y la Fmoc/tBu. La estrategia Boc/Bzl utiliza el grupo tert-butoxicarbonil (Boc) como protector de los de los grupos α-amino y grupos del tipo Benzil como protector de las cadenas laterales de los aminoácidos. La estrategia Fmoc/tBu emplea el grupo 9-fluorometoxicarbonil (Fmoc) como protector temporal del grupo α-amino y grupos del tipo tert-butil (tBu) protector de las cadenas laterales; esto se realiza para evitar polimerizaciones o reacciones no deseadas entre las cadenas laterales. La estrategia de Fmoc/tBu es usualmente la más empleada debido a las condiciones químicas que se utilizan. Los péptidos se sintetizan sobre un soporte polimérico insoluble (denominado resina), que está funcionalizado con un conector al que se une el primer aminoácido. Este conector variará dependiendo del tipo de funcionalización que se desee obtener en el péptido final (carboxilo, amida, aldehído, etc.). Luego se realiza el acople del primer aminoácido.

Como se observa en la figura 6, se describen gráficamente los pasos esenciales de la síntesis de péptidos en fase sólida (SPPS, como ya se ha descrito). En una etapa final, el péptido se libera del soporte y se eliminan los grupos protectores de la cadena lateral. Por lo general, los grupos protectores de cadena lateral y el enlace de resina se eligen de una manera que los grupos protectores pueden ser eliminados y los péptidos ensamblados liberados en las mismas condiciones.

Figura 6. Los principales pasos de SPPS por Fmoc (tomado de Pipkorn, 2014)



Conclusión

El diseño de péptidos basados en la catelicidina humana LL-37, a partir de la combinación con fragmentos cortos de otros péptidos antimicrobianos (combinaciones híbridas), para generar cambios en la hidrofobicidad-hidrofilicidad, anfipaticidad y helicidad de la cadena parental, surgen como una alternativa del tratamiento de infecciones asociadas a la formación de biopelículas por su menor probabilidad de generar resistencia.

Agradecimientos. Agradecemos de forma especial al doctor Robert Hancock y a su equipo de trabajo en la Universidad British Columbia, Vancouver, Canadá, por su apoyo para la realización de este trabajo.

Financiación. Este trabajo fue financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, mediante la convocatoria 657-2014, código COL0041221, contrato RC651-2014 y por la División de Investigación de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Referencias bibliográficas

Amos, S. T. A., Vermeer, L. S., Ferguson, P. M., Kozlowska, J., Davy, M., Bui, T. T. *et al.* (2016). Antimicrobial Peptide Potency is Facilitated by Greater Conformational Flexibility when Binding to Gram-negative Bacterial Inner Membranes. *Nat Publ Gr*. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1038/srep37639

Ángeles Argudín, M., Vanderhaeghen, W., Vandendriessche, S., Vandecandelaere, I., Denis, O., Coenye, T. *et al.* (2015). Biofilm formation of ica operon-positive *Staphylococcus epidermidis* from different sources. *Apmis, 123* (12): 1081-9.

Baddour, L. M., Epstein, A. E., Erickson, C. C., Knight, B. P., Levison, M. E., Lockhart, P. B. *et al.* (2010). Update on cardiovascular implantable electronic device infections and their management: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation, 121* (3): 458-77.

Barsoumian, A. E., Mende, K., Sánchez, C. J., Beckius, M. L., Wenke, J. C., Murray, C. K. *et al.* (2015). Clinical infectious outcomes associated with biofilm-related bacterial infections: a retrospective chart review. *BMC Infect Dis*, *15* (1): 223. Recuperado de: http://www.biomedcentral.com/1471-2334/15/223

Batoni, G., Casu, M., Giuliani, A., Luca, V., Maisetta, G., Mangoni, M. L. *et al. (*2016). Rational modification of a dendrimeric peptide with antimicrobial activity: Consequences on membrane-binding and biological properties. *Amino Acids, 48* (3): 887-900.

Bevins, C. L., Salzman, N. H. (2011). Paneth cells, antimicrobial peptides and maintenance of intestinal homeostasis. *Nat Rev Microbiol, 9* (5): 356-68. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2546

Bjarnsholt, T. (2013). The role of bacterial biofilms in chronic infections. *APMIS Suppl, 121* (136): 1-51. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23635385

Byfield, F. J., Kowalski, M., Cruz, K., Leszczyńska, K., Namiot, A., Savage, P. B. *et al.* (2011). Cathelicidin LL-37 increases lung epithelial cell stiffness, decreases transepithelial permeability, and prevents epithelial invasion by *Pseudomonas aeruginosa*. *J Immunol, 187* (12): 6402-9. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22095714

Cirac, A. D., Moiset, G., Mika, J. T., Koc, A., Salvador, P., Poolman, B. *et al.* (2011). The Molecular Basis for Antimicrobial Activity of Pore-Forming Cyclic Peptides. *Biophys J, 100* (May): 2422-31.

Costerton, J. W., Stewart, P. S., Greenberg, E. P., Lawrence, J. R., Korber, D. R., Hyde, B. D. *et al.* (1999). Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science, 284* (5418): 1318-22. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10334980

Cox, D., Kerrigan, S. W., Watson, S. P. (2011). Platelets and the innate immune system: Mechanisms of bacterial-induced platelet activation. *J Thromb Haemost, 9* (6): 1097-107.

Chua, S. L., Liu, Y., Yam, J. K. H., Chen, Y., Vejborg, R. M., Tan, B. G. C. *et al.* (2014). Dispersed cells represent a distinct stage in the transition from bacterial biofilm to planktonic lifestyles. *Nat Commun*, 5: 4462. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25042103%5Cnhttp://www.nature.com/ncomms/2014/140721/ncomms5462/full/ncomms5462.html

Davies, D. (2003). Understanding biofilm resistance to antibacterial agents. *Nat Rev Drug Discov, 2* (2): 114-22.

De la Fuente-Núñez, C., Mansour, S., Wang, Z., Jiang, L., Breidenstein, E., Elliott, M. *et al.* (2014). Anti-Biofilm and Immunomodulatory Activities of Peptides That Inhibit Biofilms Formed by Pathogens Isolated from Cystic Fibrosis Patients. *Antibiotics, 3* (4): 509-26. Recuperado de: http://www.mdpi.com/2079-6382/3/4/509/

De León, S., Clinton, A., Fowler, H., Everett, J., Horswill, A. R., Rumbaugh, K. P. (2014). Synergistic interactions of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* in an In vitro wound model. *Infect Immun, 82* (11): 4718-28.

Dubos, R. J. (junio 30 de 1939). Studies on a bacterial agent extracted from soil Bacillus. *J Exp Med, 70* (1): 1-10. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2133784/

Elgharably, H., Hussain, S. T., Shrestha, N. K., Blackstone, E. H., Pettersson, G. B. (enero 1 del 2016). Current Hypotheses in Cardiac Surgery: Biofilm in Infective Endocarditis. *Semin Thorac Cardiovasc Surg, 28* (1): 56-9. Recuperado de: http://www.semthorcardiovascsurg.com/article/S1043067915002300/fulltext

Falanga, A., Lombardi, L., Franci, G., Vitiello, M., Iovene, M. R., Morelli, G. *et al.* (mayo 21 del 2016). Marine Antimicrobial Peptides: Nature Provides Templates for the Design of Novel Compounds against Pathogenic Bacteria. Mason, M., editor. *Int J Mol Sci, 17* (5): 785. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4881601/

Feng, G., Cheng, Y., Wang, S.-Y., Borca-Tasciuc, D. A., Worobo, R. W., Moraru, C. I. *et al.* (agosto 1 del 2015). Bacterial attachment and biofilm formation on surfaces are reduced by small-diameter nanoscale pores: how small is small enough? *Biofilms Microbiomes,* 15022. Recuperado de: http://www.nature.com/articles/npjbiofilms201522

Fernández de Caleya, R., González-Pascual, B., García-Olmedo, F., Carbonero, P. (1972). Susceptibility of phytopathogenic bacteria to wheat purothionins in vitro. *Appl Microbiol, 23* (5): 998-1000. Recuperado de: http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=380489&tool=pmcentrez&rendertype=abstract

Fischbach, M. A., Walsh, C. T. (2010). Antibiotics for Emerging Pathogens. *Science* (80), 325 (5944): 1089-93.

Fjell, C. D., Hiss, J. A., Hancock, R. E. W., Schneider, G. (2012). Designing antimicrobial peptides: form follows function. *Nat Rev Drug Discov, 11* (1): 37-51. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22173434

Fjell, C. D., Hancock, R. E. W., Cherkasov, A. (marzo 6 del 2007). AMPer: a database and an automated discovery tool for antimicrobial peptides. *Bioinformatics, 23* (9): 1148-55. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/btm068

Fleming, A. (1922). On The Evolution of Bacterial Multicellularity Nicholas. *Proc R Soc London, 33* (4): 395-401.

Gelband, H., Molly, M.-P., Pant, S., Gandra, S., Levinson, J., Barter, D., White, A. R. L. (2015). State of the world's antibiotics. *Cent Dis Dyn Econ Policy*, CDDEP, Washington, D. C.

Hancock, R. E. W., Sahl, H.-G. (2006). Antimicrobial and host-defense peptides as new anti-infective therapeutic strategies. *Nat Biotechnol, 24* (12): 1551-7. Recuperado de: http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nbt1267

Hardy, J. (2012). Small, But Potent Killers. *Int J Farming Allied Sci*, 436-48.

He, Y., Lazaridis, T. (2013). Activity determinants of helical antimicrobial peptides: a large-scale computational study. *PLoS One, 8* (6): e66440. Recuperado de: http://www.mendeley.com/research/activity-determinants-helical-antimicrobial-peptides-largescale-computational-study/%5Cnhttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3680375&tool=pmcentrez&rendertype=abstract

Heffernan, B., Murphy, C. D., Casey, E. (2009). Comparison of planktonic and biofilm cultures of *Pseudomonas* fluorescens dsm 8341 cells grown on Fluoroacetate. *Appl Environ Microbiol, 75* (9): 2899-907.

Hultmark, D., Engström, A., Andersson, K., Steiner, H., Bennich, H., Boman, H. G. *et al.* (1983). Insect immunity. Attacins, a family of antibacterial proteins from Hyalophora cecropia. *EMBO J, 2* (4): 571-6. Recuperado de: http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=555063&tool=pmcentrez&rendertype=abstract

Ilyina, T. S., Romanova, Y. M., Gintsburg, A. L. (2004). Biofilms as a mode of existence of bacteria in external environment and host body: The phenomenon, genetic control, and regulation systems of development. *Russ J Genet, 40* (11): 1189-98.

Kaplan, J. B. (2010). Biofilm dispersal: mechanisms, clinical implications, and potential therapeutic uses. *Crit Rev Oral Biol Med, 89* (3): 205-18.

Kennedy, A. D., Otto, M., Braughton, K. R., Whitney, A. R., Chen, L., Mathema, B. *et al.* (2008). Epidemic community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: recent clonal expansion and diversification. *Proc Natl Acad Sci, 105* (4): 1327-32. Recuperado de: http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0710217105%5Cnpapers3://publication/doi/10.1073/pnas.0710217105

Kim, J., Park, H. D., Chung, S. (2012). Microfluidic approaches to bacterial biofilm formation. *Molecules, 17* (8): 9818-34.

Kościuczuk, E. M., Lisowski, P., Jarczak, J., Strzałkowska, N., Jóźwik, A., Horbańczuk, J. *et al.* (2012). Cathelicidins: family of antimicrobial peptides. A review. *Mol Biol Rep,* 1-14.

Kostakioti, M., Hadjifrangiskou, M., Hultgren, S. J. (2013). Bacterial biofilms: development, dispersal, and therapeutic strategies in the dawn of the postantibiotic era. *Cold Spring Harb Perspect Med, 3* (4): 1-24.

Kragh, K. N., Hutchison, J. B., Melaugh, G., Rodesney, C., Roberts, A. E. L., Irie, Y. *et al.* (2016). Role of multicellular aggregates in biofilm formation. *MBio, 7* (2): 1-11.

Laxminarayan, R. (2014). Antibiotic effectiveness: Balancing conservation against innovation. *Science* (80), 345 (6202): 1299-301. Recuperado de: http://www.sciencemag.org/content/345/6202/1299.full

Liou, J. W., Hung, Y. J., Yang, C. H., Chen, Y. C. (2015). The antimicrobial activity of gramicidin a is associated with hydroxyl radical formation. *PLoS One, 10* (1): 5-7.

Liu, W., Chen, Y., Ming, X., Kong, Y. (2015). Design and Synthesis of a Novel Cationic Peptide with Potent and Broad-Spectrum Antimicrobial Activity. *Biomed Res Int.*

Malmsten, M. (2016.). Interactions of Antimicrobial Peptides with Bacterial Membranes and Membrane Components, vol. 16, Current Topics in Medicinal Chemistry, pp. 16-24. Recuperado de: http://www.eurekaselect.com/node/132781/article

Mohamed, J. A., Huang, D. B. (2007). Biofilm formation by enterococci. *J Med Microbiol, 56* (12): 1581-8.

Moncla, B. J., Mietzner, T. A., Hillier, S. L. (junio del 2012). In vitro activity of cationic peptides against *Neisseria gonorrhoeae* and vaginal *Lactobacillus* species: The effect of divalent cations. *Adv Biosci Biotechnol*: 249-55.

Muniz, L. R., Knosp, C., Yeretssian, G. (2012). Intestinal antimicrobial peptides during homeostasis, infection, and disease. *Front Immunol, 3* (October): 1-13.

Noah, D., Fidas, G. (2000). The global infectious disease and its implications for the United States. *Prot Sci, 79* (4): 1-63.

Otto, M. (2009). *Staphylococcus epidermidis*–the "accidental" pathogen. *Nat Rev Microbiol, 7* (8): 555-67.

Penesyan, A., Gillings, M., Paulsen, I. (2015). Antibiotic Discovery: Combatting Bacterial Resistance in Cells and in Biofilm Communities. *Molecules, 20* (4): 5286-98. Recuperado de: http://www.mdpi.com/1420-3049/20/4/5286/

Pipkorn, R., Braun, K., Wiessler, M., Waldeck, W., Schrenk, H., Koch, M. *et al.* (2014). A Peptide & Peptide Nucleic Acid Synthesis Technology for Transporter Molecules and Theranostics – The SPPS. *Int J Med Sci*, 11.

Pushpanathan, M., Gunasekaran, P., Rajendhran, J. (2013). Antimicrobial Peptides: Versatile Biological Properties.

Sandoval-Motta, S., Aldana, M. (2016). Adaptive resistance to antibiotics in bacteria: a systems biology perspective. *Wiley Period, 8* (June): 253-67.

Seil, M., Nagant, C., Dehaye, J. P., Vandenbranden, M., Lensink, M. F. (2010). Spotlight on human LL-37, an immunomodulatory peptide with promising cell-penetrating properties. *Pharmaceuticals, 3* (11): 3435-60.

Silva Filho, R. G., Lima e Silva, A. A., Saramago, C. S. M., Bento, C. A. M., Souza, I. S., Souza, M. J. *et al.* (2015). Biofilm production by clinical isolates of *Staphylococcus epidermidis* and its relationship with genotypic profile, presence of virulence-related genes and antibiotic resistance. *African J Microbiol Res, 9* (14): 1026-36.

Simões, L. C., Simões, M., Vieira, M. J. (2007). Biofilm interactions between distinct bacterial genera isolated from drinking water. *Appl Environ Microbiol, 73* (19): 6192-200.

Soto, S. M. (2014). Importance of Biofilms in Urinary Tract Infections: New Therapeutic Approaches. *Adv Biol*: 1-3. Recuperado de: http://www.hindawi.com/journals/ab/2014/543974/

Stewart, E. J., Ganesan, M., Younger, J. G., Solomon, M. J. (2015). Artificial biofilms establish the role of matrix interactions in staphylococcal biofilm assembly and disassembly. *Sci Rep, 5* (August): 13081. Recuperado de: http://www.nature.com/srep/2015/150814/srep13081/full/srep13081.html

Tanaka, M., Takamura, Y., Kawakami, T., Aimoto, S., Saito, H. (2013). Effect of amino acid distribution of amphipathic helical peptide derived from human apolipoprotein A-I on membrane curvature sensing. *FEBS Lett, 587* (5): 510-5.

The White House Administration (2015). National Action Plan for Combating Antibiotic-Resistant Bacteria. *Open Gov Natl Action Plans*: 1-63.

Toba, F. A., Akashi, H., Arrecubieta, C., Lowy, F. D. (2011). Role of biofilm in *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* ventricular assist device driveline infections. *J Thorac Cardiovasc Surg, 141* (5): 1259-64.

Wan, M., van der Does, A. M., Tang, X., Lindbom, L., Agerberth, B., Haeggström, J. Z. (2014). Antimicrobial peptide LL-37 promotes bacterial phagocytosis by human macrophages. *J Leukoc Biol, 95* (June): 1-11. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24550523

Wang, S., Zeng, X., Yang, Q., Qiao, S. (2016). Antimicrobial Peptides as Potential Alternatives to Antibiotics in Food Animal Industry. *Int J Mol Sci.*

Wiesner, J., Vilcinskas, A. (2010). Antimicrobial peptides: the ancient arm of the human immune system. *Virulence, 1* (5): 440-64.

Wilking, J. N., Zaburdaev, V., De Volder, M., Losick, R., Brenner, M. P., Weitz, D. a. (2013). Liquid transport facilitated by channels in Bacillus subtilis biofilms. Proc *Natl Acad Sci U S A, 110* (3): 848-52.

Wolcott ,R., Dowd, S. (2011). The role of biofilms: are we hitting the right target? *Plast Reconstr Surg, 127,* Suppl: 28S-35S. Recuperado de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21200270

Yin, L. M., Edwards, M. A., Li, J., Yip, C. M., Deber, C. M. (2012). Roles of Hydrophobicity and Charge Distribution of Cationic Antimicrobial Peptides in Peptide-Membrane Interactions. *J Biol Chem, 287* (10): 7738-45. Recuperado de: http://www.jbc.org/cgi/doi/10.1074/jbc.M111.303602

Zaffiri, L., Gardner, J., Toledo-Pereyra, L. H. (2012). History of antibiotics. From salvarsan to cephalosporins. *J Investig Surg, 25*: 67-77. Recuperado de: http://www.pnas.org/content/early/2012/12/26/1216376110.short

Zasloff, M. (1987). Magainins, a class of antimicrobial peptides from Xenopus skin: isolation, characterization of two active forms, and partial cDNA sequence of a precursor. *Proc Natl Acad Sci U S A, 84* (15): 5449-53.

Zhang, S.-K., Song, J., Gong, F., Li, S.-B., Chang, H.-Y., Xie, H.-M. *et al.* (2016). Design of an α-helical antimicrobial peptide with improved cell-selective and potent anti-biofilm activity. *Scientific Reports*, vol. 6, p. 27394. Recuperado de: http://www.nature.com/articles/srep27394

CAPÍTULO 14.

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA LEY 749 DE 2002, EN EL MUNICIPIO DE FUNZA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

William Danilo Garay Jiménez
Paola Martínez Rodríguez

El presente documento recoge la gestión académica y administrativa adelantada durante el año 2016, segundo periodo académico, desde el grupo de investigación OCCICUN, del Programa Tecnología en Asistencia Gerencial Presencial, sede Funza, de la Facultad de Administración y Economía, con el apoyo de un equipo de trabajo conformado por docentes del programa con el fin de desarrollar el proyecto de articulación con los colegios públicos del municipio.

El objeto principal fue determinar el proceso de aplicación de la Ley 749 de 2002 de articulación que se lleva a cabo entre la educación media y la educación superior en el municipio de Funza, Cundinamarca, tomando como base la población sobre la cual se concentró la investigación (los cuatro colegios públicos del municipio).

Los resultados de la investigación brindan información sobre la transformación curricular y el impacto social y pedagógico que puede llegar a lograrse en los colegios públicos del municipio, cuando se lleva a cabo la implementación del proyecto "Articulación de la educación media con la educación superior".

Metodológicamente, el proyecto se llevó a cabo bajo una investigación de corte mixto (cualitativo-cuantitativo) y se enmarcó en un diseño descriptivo transversal: se administraron encuestas, entrevistas y análisis de documentos, se describió una realidad *in situ* y se hizo un análisis e interpretación de los cambios curriculares y el impacto de la articulación en los colegios seleccionados.

El problema planteado fue verificar dónde se le ha dado cumplimiento a dicho mandato legal, cuál ha sido su desarrollo real en algunas de las instituciones públicas que están en los municipios que han obtenido su certificación en educación, y se busca iniciar estudios estadísticos con los rectores de dichas instituciones para determinar su efectividad.

Objetivo general

Analizar el impacto social y pedagógico de la articulación y las modificaciones curriculares surgidas durante el proceso en los colegios públicos del municipio de Funza con la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Objetivos específicos

- Identificar las modificaciones curriculares que han surgido en el plan de estudios de los colegios públicos del municipio de Funza, con el fin de recolectar información que permita establecer comparaciones antes y después de la articulación con la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

- Categorizar información sobre los planes de estudio de colegios públicos del municipio de Funza, de manera cualitativa y cuantitativa, para establecer su impacto social y pedagógico en la comunidad educativa.

- Establecer las posibles fortalezas y debilidades del proceso de modificación curricular y el impacto alcanzado por el proyecto de articulación con el fin de brindar una propuesta que atienda a las necesidades en los ámbitos institucional y municipal.

- Conocer y evaluar el estado en el que se encuentra el proceso de articulación educativa del municipio de Funza, con el propósito, a su vez, de generar alternativas de solución al flagelo de descomposición social y desempleo que afronta la ciudad, como también de visualizar y encaminar las acciones concurrentes al proyecto nacional.

- Evidenciar, por parte de las comunidades educativas del municipio de Funza, y hacer un seguimiento y una evaluación de la articulación de la educación, ya que de este tipo de procesos dependerán en buena medida las políticas y estrategias que, en materia educativa, se implementarán en el futuro.

Concepto de la articulación de la educación media con la superior

Primero, es necesario ubicar dentro del contexto educativo el verdadero concepto de la articulación media con la superior. Según el documento elaborado por el Ministerio de Educación Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) (2012) se afirma que:

> La articulación es un proceso pedagógico y de gestión concertado que favorece el acceso, permanencia y movilidad de los estudiantes entre la educación media y otros niveles y ofertas educativas; este proceso genera el reconocimiento de los aprendizajes obtenidos en distintos escenarios formativos y el mejoramiento continuo de la pertinencia y calidad de la educación media, la educación superior, la formación profesional integral y la educación para el trabajo y el desarrollo humano (p. 7).

Otros autores, como Olga B. Cordero de B. (2003, citado en Guerrero-Mosquera, *et al.*, 2012) sostienen que:

> La articulación educativa es un modelo teórico-práctico de organización y gestión, aplicable a los distintos niveles y campos del sistema educativo, dinámico, flexible, abierto y complejo, que se construye y sostiene en procesos de interacción sistémica, entre todos los actores educativos, para establecer relaciones funcionales y significativas entre los componentes del campo de la educación, curriculares y metacurriculares, a fin de lograr metas consensuadas de la enseñanza (p. 745).

Historia de la articulación

La articulación de la educación en Colombia nace como una propuesta del Gobierno Nacional en cumplimiento de las orientaciones del proyecto principal de educación para América Latina y el Caribe (Promedlac, 1996), liderado por la Unesco; este proyecto tiene como fin lograr la continuidad entre el estudio de la educación media y el de la educación superior, así como lograr la preparación para el estudio hacia el trabajo, con el propósito de cualificar la mano de obra y ampliar la cobertura en la educación superior, aumentar el número de jóvenes colombianos en la educación técnica, tecnológica y superior con la finalidad de resolver parcialmente la problemática del desempleo, con competencias para la inserción en el mundo laboral, y propendiendo por un desarrollo sostenible de las economías regionales.

En Bogotá, D.C., el programa de articulación, dentro de las políticas educativas, surge como proceso pedagógico y organizativo durante los años 2004 y 2005, en los cuales la Secretaría de Educación del Distrito (SED) (cabe mencionar que el programa se consolidó con el nombre de "Programa de articulación de educación media con la educación superior" desde el Plan Sectorial de Educación 2008-2012: Educación de Calidad para una Bogotá Positiva).

Para profundizar sobre la articulación en la educación, se deben conocer las condiciones fundamentales de los niveles de educación media, entendiéndose como tal los niveles de bachillerato, que comprende del grado décimo hasta el grado once, así como los niveles técnico profesional, tecnológico y superior basados en la cobertura de educación existente y en las competencias que se vienen impartiendo, con el fin de brindar una educación de calidad acorde con las necesidades del mercado laboral.

Sobre las competencias que se deben abordar en el proceso de articulación, el Ministerio de Educación Nacional (2008) sostiene lo siguiente:

> Incluir las competencias en los estudiantes constituye uno de los elementos básicos para mejorar la educación; por tanto, es un esfuerzo que debe quedar consignado en el plan de mejoramiento institucional. Se requiere de un enfoque que dé paso a una educación más integradora, que articule la teoría y la práctica y que garantice aprendizajes aplicables a la vida cotidiana (p. 5).

En Colombia se ha legislado con el fin de cumplir con el objeto de articular la educación en un marco legal que advierte la Constitución Nacional; sin embargo, este esfuerzo no ha sido suficiente

para que se haya dado una verdadera articulación entre la educación media con la educación superior y el mundo laboral. Esta afirmación se puede soportar en el marco de la ponencia presentada por el profesor Andrés Díaz, cuando señala:

> He escuchado muchas veces la necesidad de que alguien se dedique a organizar, por ejemplo, las propuestas sobre articulación entre educación media y superior, pero lo que hay que hacer es una organización de toda la legislación educativa, que lo que existe quede claro y que lo que se deba agregar tenga un adecuado o coherente proceso de integración, para que no pase lo que he vivido en las regiones donde padres, profesores y administrativos hablan en tres idiomas distintos, con distintas expectativas y desde distintas normas sobre un deber ser de la educación (Díaz, 2012, p. 30).

¿Qué es la articulación?

Es un proceso pedagógico y de gestión concertado, que favorece el acceso, la permanencia y la movilidad de los estudiantes entre la educación media y otros niveles y ofertas educativas. La articulación permite el reconocimiento de los aprendizajes obtenidos en distintos escenarios formativos y el mejoramiento continuo de la pertinencia y calidad de la educación media, la educación superior y la educación para el trabajo y el desarrollo humano.

¿Para qué articularnos?

1. Ampliar la capacidad para leer el entorno.
2. Fortalecer los vínculos con actores estratégicos del desarrollo.
3. Identificar los sectores dinámicos prioritarios que requieren formación de talento humano.
4. Generar más y mejores oportunidades de inserción productiva o creación de empresa.
5. Mejorar la calidad.
6. Mejorar los niveles de desempeño en competencias básicas y ciudadanas, como base para los aprendizajes de competencias específicas.
7. Brindar a los estudiantes oportunidades de exploración y profundización de las distintas *áreas* del conocimiento.
8. Incrementar las posibilidades de permanencia y mejores desempeños académicos en la educación superior.
9. Posibilitar el di*á*logo de saberes entre los diferentes niveles educativos.
10. Promover la permanencia en el sistema educativo.
11. Facilitar el paso de los egresados de la educación media a la educación para el trabajo y la superior.

12. Promover procesos de exploración de intereses, conocimiento del entorno.
13. Contribuir a la equidad.
14. Favorecer el acceso a una educación superior de calidad.
15. Incrementar sus posibilidades futuras de inserción productiva en sectores estratégicos.
16. Favorecer el desarrollo regional.
17. Reconocer las apuestas de productividad, modernización y competitividad de la región.
18. Abrir opciones y oportunidades a los jóvenes para que aporten y se comprometan con el crecimiento regional.

Factores de éxito de la articulación

1. Acompañamiento pedagógico *in situ*.
2. Programas de bienestar y para acercar a los jóvenes al ambiente universitario.
3. Proceso de sensibilización y exploración vocacional.
4. Modelos de evaluación flexibles.
5. Acercamiento de la universidad al colegio.
6. Estrategias de orientación y sensibilización para continuar la formación.
7. Desvinculación de Secretaria de Educación, docentes y directivos y desarticulación de cronogramas.
8. Infraestructura y fallas tecnológicas de las instituciones educativas.
9. No apropiación del modelo pedagógico.
10. Falta de acompañamiento pedagógico y orientación académica.
11. Metodología de evaluación rígida.
12. Compromisos académicos de la media.
13. Compromisos laborales o familiares.

La política de articulación amplía el potencial propedéutico de la educación media, introduce de manera optativa y gradual el grado doce en todas las especialidades.

Se aspira a tener homologaciones por créditos académicos equivalentes hasta por cuatro semestres de educación superior, sin perjuicio de la obtención de los títulos alcanzados en el momento de culminar el bachillerato y el grado adicional.

Mayor acceso a educación superior de calidad:

- Precisa ajustar y ampliar los modelos de financiamiento para el acceso y la permanencia en la educación superior de calidad.
- Transformación del enfoque actual de exploración vocacional y orientación profesional para una adecuada ubicación socioocupacional.
- Ampliación de cupos en educación superior pública distrital.

En el desarrollo de este proyecto, se hizo necesario adecuar y articular la oferta en educación técnica, media y superior, desarrollada en la Ley 749 de 2002, en correspondencia con las demandas y oportunidades de la dinámica productiva de la región Sabana Occidente de Cundinamarca, y en específico en el municipio de Funza.

Fundamentos constitucionales

En nuestra Constitución Política se dan las notas fundamentales de la naturaleza del servicio educativo. Allí se indica, por ejemplo, que se trata de un derecho de la persona, de un servicio público que tiene una función social y que corresponde al Estado regular y ejercer la suprema inspección y vigilancia respecto del servicio educativo con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos.

También se establece que se debe garantizar el adecuado cubrimiento del servicio y asegurar a los menores las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo.

Se ha establecido que la educación superior es un servicio público esencial, de naturaleza cultural con una función social, que le es inherente y que como tal corresponde al Estado ejercer el fomento, la inspección y vigilancia, en procura de garantizar la calidad y eficiencia en su prestación, además facilitar el acceso de las personas aptas a la educación superior.

El artículo 67 de la Constitución Política establece:

> la educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura; y los forma en el respeto a los derechos humanos, la paz y la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente.

y hace ingentes esfuerzos para establecer estrategias que garanticen el acceso a la educación superior de los egresados de los colegios públicos.

De conformidad con el artículo 67 de la Constitución Política, se define y desarrolla la organización y la prestación de la educación formal en sus niveles preescolar, básica (primaria y secundaria) y media, no formal e informal, dirigida a niños y jóvenes en edad escolar, a adultos, a campesinos, a grupos

étnicos, a personas con limitaciones físicas, sensoriales y psíquicas, con capacidades excepcionales, y a personas que requieran rehabilitación social.

El artículo 209 de la Constitución Política, párrafo 2, establece que: "las autoridades administrativas deben coordinar sus actuaciones para el adecuado cumplimiento de los fines del Estado".

Por su parte, se tiene que el inciso segundo del artículo 355 de la Constitución Política ordena:

> el gobierno en los niveles nacional, departamental y municipal podrá, con recursos de sus respectivos presupuestos, celebrar convenios con entidades privadas, sin ánimo de lucro y de reconocida idoneidad, con el fin de impulsar programas y actividades de interés público acordes con el plan nacional y los planes seccionales de desarrollo.

Artículo que fue reglamentado mediante el Decreto 777 de 1992, el cual permite la celebración de convenios de apoyo a la gestión de la entidad, cuyo objeto sea el desarrollo de los programas sociales contemplados en el plan de desarrollo respectivo.

Fundamentos legales

1. Ley 30 de 1992

Según esta ley, "Por la cual se organiza el servicio público de la educación superior", el artículo 1 ordena que:

1. La educación superior es un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de una manera integral, se realiza con posterioridad a la educación media o secundaria y tiene por objeto el pleno desarrollo de los alumnos y su formación académica o profesional.

2. El artículo 2 estipula que la educación superior es un servicio público cultural inherente a la finalidad social del Estado.

3. El artículo 3 menciona que el Estado, de conformidad con la Constitución Política de Colombia y con la presente ley, garantiza la autonomía universitaria y vela por la calidad del servicio educativo a través del ejercicio de la suprema inspección y vigilancia de la educación superior.

4. El artículo 6 enumera los objetivos de la educación superior y de sus instituciones: Profundizar en la formación integral de los colombianos, dentro de las modalidades y calidades de la educación superior, capacitándolos para cumplir las funciones profesionales, investigativas y de servicio social que requiere el país.

5. El artículo 7 describe los campos de acción de la educación superior: el de la técnica, de la ciencia, de la tecnología, de las humanidades, del arte y de la filosofía.

6. El artículo 16. Son instituciones de educación superior:

a. Instituciones técnicas profesionales.

b. Instituciones técnicas profesionales, aquellas facultadas legalmente para ofrecer programas de formación de ocupaciones de carácter operativa e instrumental y de especialización en su respectivo campo de acción, sin perjuicio de los aspectos humanísticos propios de este nivel.

2. Ley 115 de 1994

Artículo 1:

Objeto de la ley: "La educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes. La presente ley señala las formas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad. Se fundamenta en los principios de la Constitución Política sobre el derecho a la educación que tiene toda persona, en libertades de enseñanza, aprendizaje, investigación y cátedra en su carácter de servicio público".

Según el artículo 29, la educación media académica permitirá al estudiante, según sus intereses y capacidades, profundizar en un campo específico de las ciencias, las artes o las humanidades y acceder a la educación superior.

Aunque todas las áreas de la educación son obligatorias y fundamentales, las instituciones educativas organizarán la programación de tal manera que los estudiantes puedan intensificar, entre otros, en ciencias sociales, humanidades, arte o lenguas extranjeras, de acuerdo con su vocación e intereses, como orientación a la carrera que vayan a escoger en la educación superior.

De acuerdo con el artículo 33, entre los objetivos específicos de la educación media técnica está la formación adecuada a los objetivos de educación media académica, que permita al educando el ingreso a la educación superior.

Asimismo, el artículo 35, acerca de la articulación con la educación superior, dice: Al nivel de educación media sigue el nivel de educación superior, el cual se regula por la Ley 30 de 1992 y las normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan. Este último se clasifica en:

a) Instituciones técnicas profesionales.

b) Instituciones universitarias o escuelas tecnológicas.

c) Universidades.

La Ley 115 de 1994 le confirió a la educación media el propósito de formar para la vida académica y para la inserción inmediata al mundo del trabajo. Más de una década después, las condiciones del contexto muestran que es necesario que la educación, como conjunto, enfrente la tarea de incrementar el número de años que permanece la población en el sistema educativo con el fin de habilitarla para las exigencias de la vida productiva.

3. Ley 749 de 2002

Esta ley y su aplicación es la que nos lleva a cumplir el propósito principal de nuestra investigación y que busca organizar el servicio público de la educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica, pero en busca de su cumplimiento, específicamente en el municipio de Funza, Cundinamarca.

La promulgación de la Ley 749 de julio 19 de 2002, nos ha llevado a iniciar, como servicio público educativo en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, unas reflexiones directas sobre la efectividad en la aplicación del concepto de la articulación de la educación media en Colombia.

Este proceso de articulación tiene varios propósitos primordiales: en primer lugar, favorecer el mejoramiento de la calidad y la pertinencia de la oferta educativa de las instituciones educativas y, en segundo lugar, determinar acertadamente las formas de abrir mayores y mejores opciones de continuidad educativa a dichos estudiantes por dos caminos: bien sea en la educación superior o en la educación para el trabajo y el desarrollo humano.

Es decir, el propósito de la ley es generar en los jóvenes estudiantes las estrategias educacionales que les conlleven mejores oportunidades para que ellos mismos construyan, desarrollen y consoliden proyectos personales y productivos individuales y familiares, haciendo proceso de formación en ciclos propedéuticos a lo largo de la vida.

La política de articulación es la que ordena la Ley 749 de 2002, con las instituciones de educación superior y las de educación media, con la dirección del Gobierno local y nacional, para involucrar al sector productivo y demás actores, ofrecer a los jóvenes de la media la posibilidad de obtener una certificación laboral para insertarse al mercado laboral. Además de garantizar un ciclo técnico que permita el tránsito de los estudiantes de educación media hacia la educación superior, en programas de formación por ciclos propedéuticos.

La Ley 749 de 2002 se refiere a la articulación de la educación media con la educación superior, en su artículo 6.º, así:

> De la articulación con la media técnica. Las instituciones técnicas profesionales, a pesar del desarrollo curricular que logren realizar a través de los ciclos propedéuticos, mantendrán el nivel técnico en complementariamente a los estudiantes que concluyan su Educación Básica secundaria y deseen iniciarse en una carrera tecnológica; en caso de que estos estudiantes opten en el futuro por el ciclo profesional, deberán graduarse como bachilleres.

La idea es que la institución educativa le ofrezca las herramientas y la información necesaria para que el estudiante que está en grado 9.° escoja el programa técnico que desea estudiar. Una vez haya escogido el programa técnico inicia en el año siguiente, en grado 10.°, sus estudios en contra-jornada, da continuidad a estos en grado 11.°, para lograr así graduarse tanto de bachiller como de técnico laboral.

Esta ley propone una progresión de ciclos secuenciales y propedéuticos (técnico, tecnológico y profesional), en áreas de las ingenierías, la administración y las tecnologías de la información, con el

objetivo de superar el tradicional carácter terminal de la educación técnica y tecnológica y ofrecer 'profesionalización' en las tres áreas mencionadas.

> La formación por ciclos en la educación superior tiene una larga trayectoria en muchos países. En relación con la educación en ingenierías, ya ha sido señalada la experiencia de Alemania y Holanda en los *Technikerschulen* y *Hogescholen*, respectivamente.
>
> La secuencia de tres ciclos propedéuticos –desde el técnico hasta el profesional– de la Ley 749 de 2002, no corresponde con la experiencia internacional de educación por ciclos ni con los criterios formativos necesarios para la propedeusis de un ciclo inferior al superior.

En la Ley 749 se postula que los ciclos deben ser de carácter 'propedéutico', lo que implica que el primer ciclo debe formar la "fundamentación teórica y metodológica" para los otros dos ciclos, en áreas de las ingenierías y tecnologías de la información. Este ciclo debe garantizar una "formación integral" en campos de la formación básica, técnica, técnica aplicada y sociohumanista.

Por tanto, las competencias formadas no pueden ser solamente competencias prácticas, de desempeño ocupacional pragmático (las llamadas competencias laborales), sino derivadas de los fundamentos teóricos y metodológicos ya mencionados.

Lo anterior implica que no es posible reducir el primer ciclo a una formación de "competencias laborales" de índole práctica, operacional e instrumental, pues esta concepción excluiría la "fundamentación teórica y metodológica" y la "formación integral", propias del primer ciclo.

La Ley 749 limita la profesionalización a alguna de las denominaciones de las ingenierías, por lo cual la educación tecnológica queda definida como un nivel o ciclo intermedio hacia la profesionalización en el campo de la Ingeniería, de tal manera que ya no existen instituciones de educación tecnológica sino de educación en Ingeniería por ciclos, y las pocas existentes se transforman rápidamente hacia ese escenario.

En las instituciones que se acogen a la Ley 749, el título de 'tecnólogo' hace referencia a un nivel intermedio, no es reconocido como profesional en su campo. Este reconocimiento solo lo logra con el ciclo de profesionalización en el área respectiva de las Ingenierías.

En el documento de política pública para la educación superior "Acuerdo por lo Superior 2034", la articulación entre la educación media y el nivel técnico, tecnológico y profesional de la educación superior, es regulada por la Ley 749 de 2002, que establece mecanismos de continuidad entre estos niveles.

El plan sectorial de educación, como es mencionado en los lineamientos de Política de Educación Superior Inclusiva del MEN, prioriza la educación de calidad como el camino para la prosperidad, en razón a la relación entre los procesos educativos del país con el crecimiento, la productividad, la competitividad y la disminución de la pobreza e inequidad. Se define dentro de los énfasis de política educativa la necesidad de reducir las distancias existentes entre las poblaciones, las regiones y las instituciones. Para responder a esta necesidad, el MEN sugiere priorizar en educación superior la implantación de la filosofía de la inclusión en materia de procesos educativos bajo el "principio

rector general" (o paradigma) de la educación inclusiva como soporte fundamental de sociedades democráticas, cuya premisa es defender y proteger los derechos humanos; la educación inclusiva ha ido adquiriendo un lugar relevante en el mundo desde su primera aparición durante la Conferencia mundial sobre necesidades educativas especiales en Salamanca, en 1994. Esta fecha es el punto de partida de la integración a la educación de las personas con discapacidad y el inicio de una Educación Para Todos (EPT).

La asociación entre entidades públicas para adelantar de forma conjunta tareas misionales, como es el caso de la MEN, frente al vínculo de la educación media y la superior, se desarrolla a partir de la Ley 489 de 1998, que establece en el artículo 95 "Asociación entre entidades públicas. Las entidades públicas podrán asociarse con el fin de cooperar en el cumplimiento de funciones administrativas o de prestar conjuntamente servicios que se hallen a su cargo, mediante la celebración de convenios interadministrativos o la conformación de personas jurídicas sin ánimo de lucro".

Las instituciones de educación superior podrán organizar un establecimiento educativo anexo para ofrecer educación media, orientado por un proyecto educativo institucional afín y concordante con el propio de su carácter, atendiendo la reglamentación que para el efecto expida el Ministerio de Educación Nacional, previo concepto del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU).

Análisis de resultados de las encuestas

A continuación se indicará el resultado de las encuestas aplicadas a los estudiantes de grados décimo (10.º) y once (11.º) de las instituciones educativas departamentales Miguel Antonio Caro, Bicentenario, Departamental y Técnico Agropecuario San Ramón del municipio de Funza, Cundinamarca, cuyo fin es analizar si los estudiantes ya tienen definido lo que desean realizar una vez salgan de estudiar del colegio, si este enfoque está dado a seguir estudiando o a realizar otra actividad y si se puede hacer mediante la articulación en educación, ordenada por la Ley 749 de 2002.

De igual modo se pretende analizar aspectos que los estudiantes consideran como factores que les impide acceder a la educación superior y contemplar nuevos escenarios, como la articulación desde los colegios que les permita tener continuidad en su vida académica.

La encuesta fue diseñada en tres aspectos; primero, para determinar el comportamiento de los estudiantes una vez salgan de estudiar del colegio, saber si desean realizar nuevos estudios o enfocarse hacia un trabajo u otra ocupación; segundo, observar si tienen alguna inclinación por estudiar alguna carrera, en específico técnica tecnológica o universitaria, y tercero, saber si ya se tiene un tema definido.

Por otro lado, se busca medir si el estudiante tiene alguna inclinación a estudiar de forma presencial, semipresencial o virtual y, a su vez, presentarle el tema de articulación aplicada a su papel como estudiante; es decir, si le gustaría dedicar parte de tiempo de su estudio para trabajar en materias que en su futuro académico puedan ser aceptadas u homologadas en sus estudios de nivel superior, e incluso mostrando esta opción en escenarios tendientes al cambio de políticas públicas en el país y en el mismo municipio de Funza, como lo es la jornada única.

Finalmente, medir el interés de los hogares por parte de sus padres para brindar apoyo a sus hijos en las carreras y temas pensados por los estudiantes, de forma aprobatoria y económica, de igual modo detectando factores que les impedirían acceder a la educación superior.

Se realiza el diseño de la encuesta con 10 preguntas de forma abierta, cerrada y de elección múltiple, con el fin de obtener todos los datos expuestos a continuación; su aplicación se realizó de forma guiada, se entregaba una tabla de respuesta a los estudiantes, se daba lectura a la encuesta y ellos diligenciaban las respuestas.

Se realiza la aplicación de la encuesta a los cursos de grados once y décimo de todas las instituciones educativas; en el IED Miguel Antonio Caro se aplicó la encuesta a 307 estudiantes, en el IED Departamental fueron 267 encuestas, en IED Bicentenario 195 encuestas y en el IED Técnico Agropecuario San Ramón 64 encuestas. Para un gran total de 833 personas encuestadas.

Resumiendo, se tiene que los temas de estudio seleccionados por los estudiantes son 80% carreras de nivel universitario, así: el mayor porcentaje es 16% con la carrera de Administración de Empresas, seguida por el 14% para la carrera de Medicina, el 13% corresponde a la carrera de Psicología, el 10% escogieron la carrera de Ingeniería de Sistemas y otro 10% corresponde a estudiantes que desean realizar una carrera universitaria, pero aún no tienen definido su tema de estudio.

Lo anterior indica, con un porcentaje del 64,54%, que los estudiantes desean realizar sus estudios de forma presencial; el 27,33% semipresencial, además de esto existe un porcentaje del 3,51% al que le es indiferente estudiar tanto presencial como semipresencial, y el 2,54% indicaron que les gustaría estudiar de forma virtual.

Se encontró que el 61% de estudiantes consideran tener factores que les impide acceder a la educación superior, el 38% restante considera no tener factores que les impida tomar estudios superiores, y el 1% no sabe o no responde. El 50,66% afirma que es el factor económico el que impide a los estudiantes ingresar a estudios superiores, el 39,50% no consideran tener factores que les impida ingresar a la educación superior.

El 48,62% de los estudiantes manifiestan que sus padres están dispuestos a pagar 1 SMLV por el valor de un semestre universitario, el 30,01% indican que están dispuestos a pagar entre 2 y 3 SMLV, el 11,52% dicen que están dispuestos a pagar 3 o más SMLV, los demás porcentajes son equivalentes al 5,52%, en donde se indica que no saben cuánto están dispuestos a pagar por ingresar a sus estudios superiores, 1,32% manifiestan que lo harían por medio de recursos propios y no de sus padres, finalmente el 0,24% aspira a ingresar a sus estudios superiores por medio de una beca.

El 95,80% de los estudiantes desearían ver materias en el colegio que luego sean homologadas en las distintas carreras. El 3,96% de los estudiantes no está de acuerdo y el 0,24% no sabe ni responde a la pregunta.

Proyecto de articulación Unicolmayor, colegios públicos de Funza, Cundinamarca

El espíritu que acoge esta propuesta centra su fortaleza en la búsqueda de espacio para la cobertura académica y la inclusión del estudiante de secundaria en la formación académica superior, ya sea en escenarios de formación técnica, tecnológica, profesional o especializada.

Este criterio de inclusión es el propósito del Programa Tecnología en Asistencia Gerencial Presencial, sede Funza, que busca celebrar un convenio de cooperación institucional con la Secretaría de Educación del municipio de Funza, departamento de Cundinamarca.

La articulación, como estrategia educativa, incentiva el desarrollo de procesos de integración, inclusión y formación para la productividad de los jóvenes, que encuentran en esta la oportunidad de continuar su proceso de formación y mejoramiento de la calidad de vida.

Así, el Ministerio de Educación Nacional piensa y define que la articulación no solo se aplica a las instituciones de educación media técnica, también es posible para las instituciones académicas que deseen brindar un valor agregado relacionado con la formación de competencias laborales específicas a sus estudiantes.

La Ley 115 de 1994 le confirió a la educación media el propósito de formar para la vida académica y para la inserción inmediata al mundo del trabajo. Más de una década después, las condiciones del contexto mostraron que era necesario que la educación, como conjunto, enfrentara la tarea de incrementar el número de años que permanecía la población en el sistema educativo con el fin de habilitarla para las exigencias de la vida productiva.

Con este objetivo renovado, las instituciones de educación media, además de la formación en competencias básicas, ciudadanas, científicas, tecnológicas y laborales generales, deben definir en su Proyecto Educativo Institucional (PEI) estrategias para favorecer la continuidad de los estudiantes en la formación para el trabajo o de la educación superior.

El desarrollo de las competencias específicas se convierte en un valor agregado adicional que los establecimientos de educación media pueden ofrecer mediante procesos de articulación con terceros, como el Sena, instituciones de educación superior y de educación para el trabajo y el desarrollo humano e, incluso, empresas.

Justificación: un encadenamiento productivo

La formación por competencias debe ser encadenada, acumulable y no una alternativa terminal. Además, constituirse en una educación para la productividad y no para un trabajo inmediato, gracias a itinerarios de formación a lo largo de la vida.

De ahí que la articulación surja para abrir opción de vinculación productiva y de continuidad educativa de los estudiantes. Adicionalmente, se convierte en una apuesta estratégica para el mejoramiento de la educación media, en tanto que apunta a la pertinencia de la oferta y a su renova-

ción curricular, pedagógica y metodológica, y a la generación de un estrecho vínculo con el sector empresarial.

Las opciones para la articulación están determinadas por la relación que se establece como aliado y el papel que este desempeña en el diseño curricular, en la aplicación del mismo entre los docentes y en los espacios de formación.

Esta formación puede ser realizada en la jornada única, con un currículo paralelo aportado por el colegio con el que se articula la educación media, y con docentes propios, también aplica en casos en los que la institución no cuente con docentes ni fortalezas curriculares para desarrollar las competencias definidas, caso en el cual recibirá el apoyo en el asesoramiento por parte de la Universidad.

Estas alternativas de articulación pueden desarrollarse simultáneamente para distintas líneas de la oferta (programas académicos con registro SNIES), de manera que se amplíen las posibilidades de elección de los estudiantes de acuerdo con sus intereses y proyecciones.

Marco institucional

La Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca es un ente universitario, autónomo, del orden nacional con régimen especial, personería jurídica, autonomía académica, capacidad para gobernarse, vinculada al Ministerio de Educación Nacional en los términos definidos en la Ley 30 de 1992.

Esta ley define a la educación superior como el proceso de formación integral que se realiza con posterioridad a la educación media; actúan armónicamente con las demás estructuras educativas y formativas, y contribuyen al desarrollo de los niveles educativos que le preceden (artículos 1 y 6).

La política educativa de Estado, la integración, articulación y flexibilización de la oferta educativa en todos los niveles del sistema educativo, se asume según las definiciones contenidas en las leyes 115 de 1994, 749 de 1992, 1064 de 2006, y el Decreto 2020 de 2006, entre otras.

Desarrollo del proyecto

La Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, a través de su programa académico Tecnología en Asistencia Gerencial, apoya a los colegios públicos y privados para el desarrollo y culminación de la formación técnica del estudiante bachiller, a través de los siguientes ejes transversales:

- Orienta y corresponsabiliza con el docente para el desarrollo de una propuesta curricular por competencias laborales.
- Apoya la formación en competencias laborales a través de espacios de prácticas y observaciones pedagógicas empresariales.
- Coparticipa en la formación y actualización de los docentes en áreas específicas.
- Facilita espacios de reflexión y quehacer del aprendizaje, tanto para el proyecto como para los docentes y estudiantes involucrados.

Justificación de la transformación curricular y administrativa

Es importante incorporar en los procesos de transformación curricular, criterios y metodologías de enseñanza- aprendizaje propias de la educación superior, para lograr estándares de calidad en los programas ofrecidos a los estudiantes, con el fin de que puedan ser homologables.

Para lograr esta transformación y la proyección de la educación media con la educación superior, es fundamental diseñar, formular e implementar procesos de las competencias mínimas a ejecutar en las áreas del conocimiento definidas para desarrollar.

Los jóvenes que quieren continuar con el ciclo formativo tienen distintas opciones, de acuerdo con su experiencia educativa:

a) Si es egresado con título de bachiller, podrá continuar en esta misma línea la formación y adelantar la etapa lectiva como tecnólogo, que le habilita tanto para el desempeño laboral en el campo respectivo, como para proseguir estudios universitarios. Cada curso, tomado durante los grados 10.º y 11.º, optativo, será reconocido y homologado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

b) Si el estudiante ha cursado y aprobado la opción tecnológica en los grados 10.º y 11.º, como parte de la media fortalecida, podrá continuar en esta misma línea de formación y adelantar la etapa lectiva como tecnólogo, que le habilita tanto para el desempeño laboral en el campo respectivo, como para proseguir estudios universitarios. Cada componente tomado durante dichos grados será reconocido y homologado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, que firma el presente convenio.

El anterior proceso busca el reconocimiento de créditos académicos a los estudiantes de media fortalecida y mayor acceso a la educación superior, a través de la certificación y el reconocimiento de las asignaturas aprobadas como créditos académicos en los grados 10.º y 11.º.

Dentro de los mecanismos de transferencia estudiantil es necesaria la adopción de una medida de tiempo de trabajo académico, que permita homologar y reconocer los logros alcanzados por los estudiantes de los colegios públicos en sus actividades académicas, que pueda llegar a ser diversa electiva y homologable en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, de tal manera que sirva de parámetro para hacer efectiva la transferencia de estudiantes a la educación superior.

Con el fin de facilitar el análisis y comparación de la información, para efectos de evaluación de estándares de calidad de los programas académicos, y de movilidad y transferencia estudiantil, de conformidad con el artículo 5 del Decreto 0808 del 25 de abril del 2002:

> …las instituciones de educación superior, expresarán en créditos académicos el tiempo del trabajo académico del estudiante, según los requerimientos del plan de estudios del respectivo programa, sin perjuicio de la organización de las actividades académicas que cada institución defina de forma autónoma para el diseño y desarrollo del plan de estudios.

Etapas del proceso

1. Sensibilización

El proceso de articulación de la educación media fortalecida y el acceso a la educación superior, comprende el desarrollo de etapas de sensibilización, diseño e implementación.

Respecto a la etapa de sensibilización, el colegio establecerá y realizará los mecanismos consultivos, con estudios y padres de familia, para determinar el posible interés de la comunidad en torno a las áreas del conocimiento establecidas para el proyecto; asimismo, durante la etapa de diseño, el colegio contará con el acompañamiento de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, institución idónea para asesorar los procesos de transformación académica, pedagógica y referentes a la organización escolar.

2. Transformación curricular

De esta manera, se adelantará una transformación curricular, que incluye:

1. Transformación del PEI.
2. Adecuación del plan de estudios (organización de asignaturas).
3. Transformación del Sistema General de Evaluación.
4. Adecuación del Manual de Convivencia.
5. Semestralización.

3. Transformación administrativa

Una transformación que incluye:

a) La adecuación y organización de los espacios de aprendizaje.

b) Organización de las horas semanales que demanda el programa.

c) Organización y adecuación de los espacios correspondientes para garantizar el soporte integral del programa al que se adscribe el estudiante.

d) Organización de horarios en los que se contemplen sesiones conjuntas de trabajo de docentes, entre otras.

4. Implementación

En esta etapa los estudiantes desarrollan los cursos y las metodologías pedagógicas concertadas en la etapa de diseño y cumplen las horas semanales exigidas en la media del modelo de transformación de educación media con proyección a la educación superior mediante una oferta,

electiva, diversa y el reconocimiento de créditos académicos homologables en la educación superior, a través de estrategias de acompañamiento que tiendan por una oferta educativa de calidad con el acompañamiento de las instituciones de educación superior, de acuerdo con las directrices impartidas, con el fin de llegar al título de tecnólogos y/o profesionales, o asignaturas aprobadas y homologables validadas desde el colegio y ampliar la oferta pública de educación superior y tecnológica.

Estructura académica

1. *Implicaciones curriculares*

Las implicaciones del proceso de articulación relacionadas con el currículo son, entre otras, las siguientes.

a. Diseño curricular basado en competencias. La articulación exige a las instituciones educativas aproximarse al enfoque de formación por competencias, particularmente de aquellas laborales que están definidas como normas por los empresarios en las mesas sectoriales. Este enfoque pone énfasis en los aprendizajes concretos y reales que se deben obtener, los cuales deben traducirse en comportamientos efectivos en el trabajo. Para lograrlos se requieren pedagogías activas que permitan a las personas ejercitar los desempeños esperados en condiciones reales o simuladas. De ahí la importancia de las prácticas en empresas y de la adecuación de los ambientes de aprendizaje para disponer de las tecnologías que se emplean en el mundo productivo.

b. Mejoramiento del plan de estudios. Un diseño curricular por competencias parte de la norma de competencia como referente; el programa se organiza de manera que, cada norma, se desarrolla en un módulo. Este puede desagregarse en unidades de aprendizaje, cada una de las cuales apunta a un elemento de competencia.

c. Sistema de créditos académicos. El diseño curricular por competencia requiere una transformación en la manera de definir los tiempos de trabajo académico en las instituciones. Esto permitirá establecer procesos de articulación con la oferta de instituciones de educación superior y de educación para el trabajo y el desarrollo humano, que organizan sus currículos por créditos.

d. Cadenas de formación. La articulación de la educación media supone la identificación de las posibles cadenas de formación que pueden establecerse. Con la clasificación nacional de ocupaciones como referente, lo anterior significa determinar en un área de desempeño ocupacional los distintos niveles de cuantificación que se requieren, desde los de mínima educación hasta los superiores universitarios y de posgrado, pasando por la educación técnica y tecnológica. La cadena se da al identificar en una misma área las posibilidades de mayor cualificación. En un proceso de articulación de la media con la educación superior, un ejercicio fundamental es identificar los módulos de carácter propedéutico; es decir, aquellos que se pueden iniciar desde la media y que permiten luego la continuidad en la cadena de formación.

e. Ciclos propedéuticos. Al definir la cadena de formación se pueden establecer ciclos. Los grados 10.º y 11.º son el último ciclo de la educación básica y media. En la educación superior, el primer ciclo se entiende como propedéutico desde la técnica profesional hacia la formación tecnológica; el segundo va desde esta última a la productiva en el mundo laboral e incluso certificarla posteriormente.

Por ello, una oferta de formación en competencias laborales específicas debe dirigirse con claridad a un perfil ocupacional definido, contemplar los requerimientos del sector productivo y tener clara la cadena de formación que puede seguir el egresado.

Para llevar a cabo el ejercicio de articulación que se requiere armonizar, la organización curricular de la media con la que manejan sus aliados de la educación superior o de la educación para el trabajo y el desarrollo humano, en cuanto a las unidades de aprendizaje (de las áreas y asignaturas a los módulos) y los tiempos (del año a los semestres y a un sistema de créditos).

2. Compromisos administrativos

El proceso de articulación tiene una serie de implicaciones administrativas para las instituciones educativas. En primer lugar, la gestión directiva adquiere una nueva connotación, pues hay que establecer mecanismos de lectura y relación con el entorno para definir las necesidades del mundo productivo, además de alianzas con empresas y entidades educativas para la articulación. Estas nuevas relaciones deben ser gestionadas para que se formalicen, se mantengan en el tiempo y produzcan los aportes requeridos.

> Por otra parte, las exigencias en términos de competencias pedagógicas y técnicas de los docentes precisan que se adelanten procesos de actualización y formación de incorporación de nuevos educadores con los perfiles requeridos.
>
> Los cambios en el diseño curricular y en el sistema de créditos demandan acciones diferentes en el registro académico, como: matrículas, resultados de evaluaciones y certificaciones de módulos cursados. Además, se debe mantener una documentación académica de los estudiantes acorde con los requerimientos del aliado de la articulación.
>
> Uno de los temas críticos de carácter administrativo es el de la capacidad para definir y concretar estrategias para la promoción y uso de instalaciones y equipos. Para ello, las instituciones deben organizar alianzas con el sector productivo y con entidades de educación que cuenten con esos recursos. Aquellos que posea la institución deben ser gestionados para asegurar su inventario, mantenimiento, utilización y renovación (Altablero, 2009, p. 23).

3. Compromisos académicos

Una vez establecidos los marcos, tanto referenciales como conceptuales, esta investigación realizó el diseño de un programa, como una estrategia de trabajo, que ha permitido el desarrollo del proceso académico-administrativo con el IED para articularse con la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, y este proceso se ha delimitado de la siguiente forma:

Tabla de acciones, responsables, resultados y observaciones en la articulación.

Actividad	Responsable	Resultados	Observaciones
Socialización de planes de estudios	Colegios públicos de Funza y Unicolmayor	Verificación de complementariedad por componentes académicos	Colegios públicos de Funza otorgan el título de bachiller con énfasis en contabilidad o gestión administrativa
Diseño de instrumento de evaluación de pertinencia del proyecto	Unicolmayor	Diseño de un instrumento de diagnóstico académico, DOFA	Este instrumento permite a los colegios públicos de Funza y a la Unicolmayor verificar si la propuesta académica está acorde con la pretensión de desarrollo de la articulación
Diseño de estrategia académica de encuentro docente	Colegios públicos de Funza y Unicolmayor	Escenarios de trabajo colaborativo para diseño y complementariedad de contenidos académicos y procesos de coevaluación Inclusión de los docentes de colegios públicos de Funza en el proyecto de desarrollo profesoral del Programa de Tecnología en Asistencia Gerencial Presencial	Contextualización de escenarios presenciales y virtuales para el desarrollo de los contenidos académicos del proyecto de articulación Intercambio, actualización y desarrollo de escenarios de trabajo colaborativos
Socialización del proyecto en Comité de Facultad	Decanatura de la Facultad Dirección del programa Equipo docente responsable del proyecto	Presentación del documento soporte que contiene la argumentación del proyecto de articulación y la voluntad y disposición de colegios públicos de Funza de celebrar el Convenio de Cooperación Interinstitucional	
Socialización del proyecto con el Departamento Jurídico de la Universidad	Decanatura de la Facultad Dirección del programa Equipo docente responsable del proyecto	Presentación de la gestión adelantada ante el Ministerio de Educación Nacional, la Secretaría Municipal de Educación para la orientación, desarrollo y ejecución del proyecto de articulación colegios públicos de Funza Socialización de los mecanismos de control, garantía e ingreso de estudiantes provenientes del Convenio de Articulación a la Unicolmayor	El Departamento Jurídico de la Unicolmayor adjunta los formatos de minutas correspondientes para la celebración de convenios de cooperación interinstitucional
Presentación de resultados de diagnóstico académico	Unicolmayor	Socialización de resultados de diagnóstico académico a los docentes del programa y a los docentes delegados de colegios públicos de Funza	
Presentación de resultados de diagnóstico académico	Colegios públicos de Funza y Unicolmayor	Socialización de resultados de diagnóstico académico a los padres de familia de colegios públicos de Funza	
Desarrollo de Estrategias pedagógicas interinstitucionales: encuentro docente	Colegios públicos de Funza	Proceso de trabajo colaborativo, docentes de colegios públicos de Funza y Unicolmayor Organización por componentes	

Actividad	Responsable	Resultados	Observaciones
Análisis y evaluación del presupuesto elaborado por el programa que determina el monto mínimo a pagar por cada estudiante del colegio que se inscribe al programa de articulación	Unicolmayor	Se adelanta con la división de planeación el análisis de la propuesta presentada por el programa Luego se determina el valor	Fecha de radicación en planeación Fecha de entrega de presupuesto por planeación
Socialización del presupuesto con los directivos del colegio	Colegios públicos de Funza	Las directivas de colegios públicos de Funza y del Programa TAGP, revisan el presupuesto, lo consideran viable y asequible a los estudiantes	Fijar fecha de iniciación
Trámite ante el Ministerio de Educación Nacional, concepto de viabilidad para adelantar el convenio de articulación	Unicolmayor	Se radican los oficios ante el Ministerio de Educación, se solicita concepto de viabilidad para la firma del convenio entre la Unicolmayor y colegios públicos de Funza En esta fecha se recibe respuesta afirmativa para protocolización del convenio entre la Unicolmayor y colegios públicos de Funza	Fijar fecha de iniciación
Trámite ante la Secretaría de Educación de Funza, concepto de viabilidad para adelantar el convenio de articulación	Unicolmayor	Se radican los oficios ante el Ministerio de Educación, se solicita concepto de viabilidad para la firma del convenio Documento de respuesta aún en trámite, aunque verbalmente se reconoce la autonomía de la Unicolmayor para realizar el convenio, dentro del marco legal contemplado en la nomografía detallada en este documento	Fijar fecha de iniciación
Presentación final del proyecto para autorización de protocolización del convenio por parte de los organismos de dirección de la Unicolmayor Firma del convenio	Colegios públicos de Funza y Unicolmayor		Fijar fecha de iniciación
Junto con la socialización se adelanta la inscripción de los estudiantes para iniciar el proyecto en el segundo semestre del 2017 con los estudiantes de grado once.			

Resultados esperados

Con este análisis se busca lograr el proceso de articulación, en principio con la institución educativa departamental Miguel Antonio Caro, para el segundo semestre del 2017, para lo cual se necesita seguir este procedimiento:

1. Redacción del documento de cooperación interinstitucional UCMC y el Colegio Miguel Antonio Caro, sede La Caro, en la Oficina Jurídica de la Universidad.

2. Plan de estudios de carácter interdisciplinar y complementario por componentes desarrollados por los docentes de la UCMC del programa y los docentes delegados del Colegio Miguel Antonio Caro, sede La Caro.

3. Diseño de presentación de contenidos para plataforma Moodle del proyecto de articulación.

4. Presentación del proyecto ante el Consejo Académico y Superior.

5. Firma del convenio por parte de los rectores de la UCMC y el Colegio Miguel Antonio Caro, sede La Caro.

6. Inscripción de 90 estudiantes para inicio del proyecto en el segundo semestre del 2017.

7. Inducción de alumnos inscritos y docentes de la UCMC y el Colegio Miguel Antonio Caro, sede La Caro, sobre responsabilidades, dinámica del proyecto, temática de las asignaturas, tutorías y evaluaciones.

8. Que el 70% de los estudiantes inscritos en el TAGP aprueben el primer semestre y se matriculen para el segundo semestre ya presencial en la UCMC.

9. Iniciar para el año 2017 la oferta de los demás programas tecnológicos de la UCMC en todos los planteles educativos de Funza y Mosquera.

Conclusiones

El sistema educativo es el conjunto de elementos integrados que interactúan y son independientes: lo conforman los actores sociales, las leyes de cada sociedad, el Estado y el derecho a la educación.

Este documento hace acopio de todas las políticas educativas desde el marco constitucional, hasta las establecidas en la Ley 115 de 1994, la cual asigna a la educación media el propósito de formar al estudiante para la continuidad académica y la preparación adecuada para el ingreso en el mundo del trabajo y, por supuesto, la aplicación de la Ley 749 de 2002, sobre la articulación en la educación.

Se procuró hacer un estudio completo de la articulación de la educación media con la educación superior, además de definir que se busca fortalecer la formación de competencias generales establecidas por el Gobierno; se debe apoyar las modificaciones en los proyectos educativos institucionales para buscar y fortalecer estrategias de formación, desarrollo de conocimientos y para la continuidad académica en la universidad o ingreso al mundo laboral, y llevar todas estas concepciones al estudio de caso: IED del municipio de Funza y la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Se definió que el programa de articulación es una estrategia que vincula el currículo de los establecimientos educativos de media con el currículo de programas de educación superior o de formación para el trabajo. Esto permite que el estudiante curse de manera paralela las asignaturas de los grados 10.º y 11.º con asignaturas de los dos primeros semestres de educación superior o de formación para el trabajo y el desarrollo humano. Según el Ministerio de Educación, esta estrategia busca que los estudiantes continúen en la educación superior o se inserten al mercado laboral de forma inmediata, o generen un trabajo autónomo a través del emprendimiento al egresar de la educación media.

Por otro lado, aplicando el estudio de caso, la articulación revela oportunidades para los jóvenes de Funza que antes eran invisibles para el sistema de educativo superior, por ser jóvenes de bajos recursos que antes de exponerles esta estrategia no consideraban como opción de vida continuar los estudios de educación superior.

Logramos exponer que se puede dar el paso real entre la educación media y la superior, y que los egresados de la media consigan altas competencias en el componente académico y una formación adecuada para el trabajo.

Se logró determinar que una gran dificultad es la debilidad académica de los jóvenes egresados de la educación media, que solo encuentran la opción de formación como técnicos del Sena, lo que les entrega unas opciones de educación dentro de programas cerrados y concluyentes, viéndose en la necesidad futura de involucrarse en programas universitarios cuando ya se han perdido varios años de productividad y crecimiento.

Debido a las actuales necesidades de profesionalización de los estudiantes de los planteles educativos, así como también a la creciente demanda en el uso de información y conocimiento para el desarrollo de competencias, la articulación se convierte en una posibilidad para que las instituciones educativas y la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca establezcan alternativas curriculares en pro del mejoramiento y preparación de los estudiantes para la continuidad académica en la educación superior.

Se concluye, igualmente, que el desarrollo de competencias específicas son un valor agregado dentro del proceso de articulación, ya que se realizará con la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y las instituciones de educación departamental (colegios).

Se necesita la cooperación entre las instituciones de ambos niveles (escuela y universidad), y puede formalizarse a través de convenios para el reconocimiento de programas, créditos académicos u homologación en tiempos y contenidos para facilitar a los alumnos el tránsito por el sistema de educación superior.

Existe en el municipio de Funza y demás municipios de Sabana Occidente un alto interés de la comunidad educativa porque los jóvenes adquieran formación vocacional, pero con grandes desafíos, en términos de recursos físicos y humanos, que se pueden solucionar con apoyo de políticas educativas para llevar a cabo de manera adecuada la formación, debido a que el municipio empieza a experimentar grandes crecimientos económicos e industriales.

La formación por competencias debe ser encadenada, acumulable y no una alternativa terminal. Además, constituirse en una educación para la productividad y no para un trabajo inmediato, gracias a itinerarios de formación a lo largo de la vida.

De ahí que la articulación educativa surja para abrir opciones de vinculación productiva y de continuidad educativa a los estudiantes. Adicionalmente, se convierte en una apuesta estratégica para el mejoramiento de la educación media, en tanto que apunta a la pertinencia de la oferta y a su renovación curricular, pedagógica y metodológica, y a la generación de un estrecho vínculo con el sector empresarial.

Referencias bibliográficas

Alianza Medellín. Recuperado de: http://medellin.edu.co/inicio-alianza

Altablero (2009). Articulación educativa y aprendizaje a lo largo de la vida. Altablero, N.º 48, Educación para la innovación y la competitividad. Pertinencia en lo académico y laboral, Bogotá, p. 23.

Calderón, O. (2005). Articulación de la educación media y superior en la perspectiva de la formación en ciencia y tecnología para la democratización del conocimiento. Bogotá. Recuperado de: http://especiales.universia.net.co/dmdocuments/propuesta_articulacion_educacion.pdf

Conectando la brecha de habilidades (2016). Reflexiones de empleadores, educadores y jóvenes en América Latina y el Caribe. Informe Nacional de Colombia. Parte del Informe Regional. Recuperado de: http://senabiotecnologia.blogspot.com.co/p/articulacion-con-la-media.htmlSENA

Documento propuesto (2016). Secretaría de Educación departamento de Cundinamarca, alianza con diez (10) universidades en el departamento, pp. 2- 4. Recuperado de: http://iedbicentenario.edu.co/institucional.php

Finnegan, F. (2006). "Tendencias de la educación media técnica". Cuaderno de Trabajo N.º 24, Serie Aportes para la reflexión y la transformación de la educación media superior, Montevideo.

Ley 749 de julio de 2002, por la cual se organiza el servicio público de la educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica.

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Plan sectorial de educación 2008-2012. Recuperado de: http://www.sedbogota.edu.co/archivos/SECRETARIA_EDUCACION/PLAN_SECTORIAL/PLAN%20SECTORIAL%20EDUCACION%20DE%20CALIDAD%202008-2012.pdf

Ministerio de Educación Nacional. "Estadísticas de educación superior". Recuperado de: http://menweb. mineducacion.gov.co/seguimiento/ estadísticas/

Ministerio de Educación Nacional. "Foro internacional de permanencia estudiantil en educación superior". Ministerio de Educación Nacional. Recuperado de: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-201806.html

Ministerio de Educación Nacional. "Orientaciones para la articulación de la educación media". Ministerio de Educación Nacional. Recuperado de: http://redes.colombiaaprende.edu.co/foro_gestion/sites/default/files/Orientaciones%20para%20articular%20la%20educaci%C3%B3n%20media.pdf

Procuraduría General de la Nación. "El derecho a la educación. La educación en la perspectiva de los derechos humanos". Procuraduría General de la Nación. Recuperado de: http://www.procuraduria.gov.co/imgs/eventos/05052006_libroeducacion.pdf

Revista *Visión Electrónica* (julio-diciembre del 2012). Articulación de la educación media y superior para Bogotá. Año 6, N.º 2, pp. 160-171.

Subsecretaría de Educación Media Superior Resem. Estado de México (2009). Recuperado de: http://www.sedbogota.edu.co/archivos/SECRETARIA_EDUCACION/PLAN_SECTORIAL/PLAN%20SECTORIAL%20EDUCACION%20DE%20CALIDAD%202008-2012.pdf

Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2005). Secretaría de Educación. Convenio interadministrativo de cooperación 174 del 5 de diciembre del 2005, para la implementación del modelo de institución de educación media y superior, técnica y tecnológica en colegios seleccionados por la SED. Bogotá. Recuperado de: http://idexud.udistrital.edu.co/idexud/convenio_ficha.php?aniopro=2005&numpro=1049

Vargas, C. (2013). La articulación de la educación media con la educación superior en el Colegio El Porvenir, IED, como estrategia para la profesionalización de los estudiantes de la localidad. Ibagué, Universidad del Tolima.

CAPÍTULO 15.

TENDENCIAS DEL DERECHO EN EL MARCO DE LA GLOBALIZACIÓN. AMÉRICA LATINA Y EUROPA: EL CASO COLOMBIANO

Myriam Sepúlveda López
Iván Daniel Valenzuela Macareño
Adela Moreno Chaves
Cindy Marquines Quiñones
Elizabeth Guevara

Introducción

En primer lugar, la preocupación en torno a los contenidos curriculares y de los métodos pedagógicos en la educación superior implementados en Colombia, ha sido de interés serio hace poco tiempo y ha tomado progresiva relevancia por parte de las instituciones académicas, quienes se han visto motivadas, principalmente, por el interés de cumplir de manera formal con dichos estándares de calidad exigidos por las autoridades nacionales competentes mediante la normatividad existente. Este notable interés en el tema surge, básicamente, a partir de la Constitución Política Nacional de 1991 y de la promulgación de la Ley 30 de 1992, además de otros decretos reglamentarios que se mencionarán durante el desarrollo de la investigación.

En segundo lugar, si el abogado se limita a reiterar el conocimiento de manera mecánica, nuestra profesión no tiene sentido ni un futuro próspero. Es importante realizar seguimientos y actualizaciones de los procesos de formación jurídica. De esta manera permite identificar cuáles han sido los avances, pero también los desafíos que nos restan por superar en ese proceso.

Tampoco puede el profesional en Derecho aislarse de otras ciencias o disciplinas, sino que necesita interactuar y formarse en otras áreas de las cuales ni siquiera intuya que requiera y que, por lo general, se nos suele desvincular desde muy temprana edad. Tal es el caso de áreas como Antropología, Filosofía, Economía, Política, Física, Historia, por citar solo algunos ejemplos, lo cual permite formarse en el campo argumentativo con solidez.

Con mayor razón hace parte de los intereses y obligaciones del profesional del Derecho indagar en áreas puntuales de su conocimiento, actualizarse, generar espacios de análisis, opinión y posicionamientos en perspectiva crítica con respecto a realidades de su país y del mundo.

El pedagogo cumple un papel indispensable en la construcción y acompañamiento del discente, y de quien se aprende, emula y se toma como referente, así que es indudable la importancia de la calidad en, no solo sus conocimientos sino también su pedagogía, sus estrategias metodológicas, actualidad en los contenidos temáticos, su sincronía entre los contenidos curriculares y los métodos pedagógicos, entre otros.

Igualmente, en el escenario contemporáneo de un mundo globalizado se hace necesario comprender las dinámicas de investigación y formación en las diversas áreas del Derecho. La compren-

sión de las principales tendencias del Derecho contemporáneo se manifiesta como una labor ineludible, que ha de definir los derroteros de la investigación y la docencia en un ámbito académico y sociojurídico, que debe enfocar sus esfuerzos según los parámetros internacionales. Lo dicho orientará al abogado e investigador hacia las prácticas definidas por las tendencias actuales del Derecho y brindará herramientas idóneas para adecuarse con solvencia a un mundo en constante cambio y transformación.

Antecedentes históricos en las tendencias del Derecho

La "recepción del Derecho romano en Occidente", designación acuñada por el exponente de la Escuela Histórica del Derecho, Federico Carlos von Savigny, se corresponde, a su vez, con la expresión puesta en circulación por Paul Vinogradoff: "Segunda vía del Derecho romano". El punto de inicio de esta "segunda vía" lo constituye el llamado "descubrimiento" (vísperas del siglo XII) llevado a cabo por Irnerio, del *Digesto* o *Pandectas* (relevante sección del *Corpus Iuris Civilis*), de Justiniano. Esta "Segunda vía" conforma un importante desarrollo del Derecho romano, que se acredita institucionalmente con la fundación de la Universidad de Bolonia, en la que floreció la Escuela de Glosadores, establecida por el antedicho Irnerio. Eran estos juristas dogmáticos, que se valieron del Derecho romano para adaptarlo a su época y otorgarle vigencia en la sociedad en la que vivían.

En el lapso transcurrido entre las postrimerías del siglo XIII y mediados del siglo XIV se erigió la llamada Escuela de los Posglosadores, que tuvo su origen en la Escuela de Orleáns o de los *ultramontani*. Aquellos estaban orientados hacia la práctica jurídica de un cierto "Derecho foral", constituido en principio alrededor de las primeras universidades europeas y trasladado luego a los ámbitos de sus respectivas sociedades. Contemporáneo a la fundación de la Universidad de Bolonia se estableció el Derecho canónico, que se recopiló sistemáticamente entre los siglos XII y XV, a la luz de la concepción del papa como el supremo legislador. Fusionados e interpretados por glosadores, posglosadores, decretistas y decretalistas, así como difundidos por todo el continente europeo gracias a la labor de los posglosadores o comentaristas y bajo el impulso de su estudio en las universidades medievales, ambos Derechos (el romano y el canónico, principalmente) integrarían el *ius commune* o *utrumque ius*; esto es, el 'Derecho común', que constituiría el esqueleto, durante varios siglos, del sistema jurídico de la Europa continental" (Bernal Gómez, 129).

La tradición medieval iusnaturalista (en la tónica contrarreformista de la Escuela Española, de autores como Francisco de Vitoria, Gabriel Vázquez y Fernando Vázquez de Menchaca) es implantada en los territorios coloniales a la luz del ordenamiento jurídico castellano. No obstante, bajo el reinado de Felipe II (en el año 1614), se establece la directriz relativa a que las normas propias de las colonias tendrían allí un valor específico. Por esta razón, en 1680 se creó la intitulada *Recopilación de las Indias,* ordenamiento jurídico que determinó la configuración del denominado "Derecho indiano criollo", y que en pleno siglo XVIII cobró una singularidad tal, que se diferenciaba tajantemente del Derecho castellano originario.

Como anota Beatriz Bernal Gómez, "atendiendo a sus componentes, podemos clasificar o subdividir el Derecho indiano en: 1) Derecho indiano metropolitano o peninsular, entendiéndose por tal el conjunto de disposiciones legislativas especiales que emanaron del rey de España, o de sus órganos

colegiados, radicadas en la Metrópoli: el Consejo de Indias y la Casa de Contratación de Sevilla, principalmente; 2) Derecho indiano criollo, integrado por las normas que expidieron las autoridades delegadas en América; esto es, las que dictaron, en los distintos niveles de gobierno, los virreyes y otras autoridades unipersonales, así como las audiencias y los cabildos americanos; 3) Derecho castellano, esto es, el sistema jurídico que, con el aval de la propia legislación indiana, aunque con carácter supletorio o subsidiario, se aplicó en las Indias desde que estas fueron incorporadas a la Corona de Castilla, y 4) Derecho indígena, constituido por el grupo exiguo de costumbres jurídicas prehispánicas que, también con el aval de las leyes de Indias, sobrevivieron integradas o permitidas por estas, a la conquista y colonización de América" (2010, 151).

Las circunstancias específicas de las colonias (separadas espacialmente de la metrópoli y con características sociales y políticas particulares) hallaron legítima cabida en las audiencias, en las que el llamado "arbitrio judicial" generó la organización de un ámbito caracterizado por la precariedad del Derecho escrito. El Derecho indiano respondía a las necesidades del entorno local, lo que lo distanciaba enormemente de la ineficacia (jerarquizada y autoritaria) del Consejo de Indias o de la Secretaría de despacho. La condición colonial del Derecho indiano establecía la supremacía española y católica que regía de manera vertical a los súbditos americanos. En esa medida (y ya en el siglo XIX), las pequeñas élites criollas, vinculadas al poder eclesiástico y a la hegemonía metropolitana, ostentaban un evidente autoritarismo clasista, morigerado por la transición decimonónica a un ordenamiento legal positivo. Se inscribía este proceso en el decurso temporal marcado por las centurias que corren desde finales del siglo XVI hasta las postrimerías del XVIII; época marcada por las grandes conquistas de la Física, encarnada en autores como Galileo, Copérnico, Kepler y Newton.

Esta rehabilitación del saber positivo y de la experiencia tuvo como correlato jurídico el surgimiento de un iusnaturalismo racionalista que concebía el Derecho natural, ya no a la manera del escolasticismo medieval a la luz de la fe en el providencialismo y en el voluntarismo de un dios arquitecto del universo, sino como afianzado en los dictámenes de la razón. Es en esta tendencia que Hugo Groccio define el Derecho natural como "un dictamen de la recta razón indicativo de que un acto, en virtud de su conveniencia o disconveniencia con la naturaleza racional y social, está afectado moralmente de necesidad o de ignominia, y que, como consecuencia, tal acto está prescrito o proscrito por Dios, autor de esa naturaleza" (Blanco González, 117).

Con el trasfondo de este iusnaturalismo racionalista se inició el esfuerzo (típicamente moderno) de organizar el Derecho en cuerpos jurídicos denominados códigos, que divergían de los constituidos con anterioridad, verbigracia las compilaciones y las recopilaciones. Se caracterizaban estas por su agrupación temática o cronológica, lo que las volvía obsoletas tras su promulgación. Los códigos, por el contrario, se organizaban por ramas del Derecho y tenían la pretensión de contener todos los insumos jurídicos necesarios para reglamentar, no solo la sociedad presente sino la futura. El código compendiaba, pues, todo el Derecho positivo de la rama específica propia de cada nación y se organizaba en función de un plan sistemático. Los principios que guiaban la configuración de los códigos, además de los caracteres descritos, eran, siguiendo a Beatriz Bernal Gómez, los siguientes: "1) el principio de la soberanía popular; esto es, la aceptación de que la soberanía de la nación radica en el pueblo; 2) el principio de igualdad, que quiere decir que todos los ciudadanos son iguales ante la ley y que tienen iguales derechos y obligaciones; 3) el monopolio del poder por parte de la autoridad estatal, esto es, que el poder se concentra en el Estado y no se distribuye entre otros organismos *de*

iure o *de facto,* como en la época medieval; 4) la supremacía de la ley sobre el resto de las fuentes del Derecho en contraposición a la pluralidad de fuentes con igual valor de los periodos anteriores; 5) el principio de la jerarquía de las leyes, esto es, el establecimiento de un orden jerárquico de las mismas con la Constitución en la cima, y 6) la distribución del material jurídico por ramas o áreas del Derecho" (2010, 164).

Estos códigos tenían como derrotero fundamental atenerse a los denominados "principios generales del Derecho". Todos los requisitos descritos anteriormente tuvieron gran relevancia para los codificadores franceses, redactores de los *Cinq Codes* de Napoleón, que tuvieron enorme resonancia en las jóvenes repúblicas de América Latina en su esfuerzo por una homogeneización del Derecho privado que escapara a las confusiones y los atavismos del Derecho indiano. Un índice de este decurso histórico lo constituyen los códigos civiles de Oaxaca (1827 y 1829), de Bolivia (1831), de Costa Rica (1841) y de República Dominicana (1845). No obstante, fue el Código Civil chileno de 1855 (redactado casi en su totalidad por don Andrés Bello) el que se granjeó mayor relevancia dentro de todos los códigos civiles decimonónicos. Su principio capital de la subordinación de la vía constitucional a la vía legal fue incorporado, dicho sea de paso, al Código Civil colombiano.

La independencia de las colonias trajo consigo una transformación sustancial de los órdenes jurídico y político. La llegada de las ideas ilustradas (en gran medida mediante la aclimatación del ideario revolucionario europeo) determinó un giro hacia la discusión de los asuntos constitucionales en el seno de los debates políticos. La recepción del pensamiento de la Ilustración tuvo un claro contrapeso en la tradición conservadora, de tinte autoritario, proclive a la restauración monárquica. El retraso de los esfuerzos de la modernidad justificó a su manera la entronización de un despotismo ilustrado cortado al talle del caudillismo y del voluntarismo político; especies típicamente americanas. Las ideas emancipadoras solo permearon los intereses de unas minorías criollas blancas, bien diferenciadas de las masas mestizas analfabetas, de extracción campesina. Los próceres independentistas proclamaron un igualitarismo formal que, en la práctica, no significó otra cosa que una nueva división del trabajo y la preservación de un orden social clasista. La condición jurídica osciló también, en consecuencia, entre un formalismo legalista y una realidad social presidida por la inequidad económica y la explotación.

En este escenario se llevó a cabo la adopción (fundamentalmente) del ideario revolucionario francés, que permitió el recurso político a conceptos como "voluntad general", "derechos del hombre", "ley", "soberanía" y "ciudadanía"; conceptos muy útiles a la hora de apuntalar un acopio teórico adecuado para independizarse de la hegemonía hispánica. "Había un cierto consenso en la mayor admiración que producían las revoluciones inglesa y americana, pero ninguno de los idearios políticos provenientes de estas revoluciones tuvo tanto impacto como el ideario francés. Esto se debe, quizás, al carácter particular, histórico y en buena parte intransferible de los debates anglosajones. Sir Edward Coke fue tan importante para el constitucionalismo moderno como Rousseau o Sieyes; sin embargo, era muy difícil trasladar sus ideas sobre el *common law* al debate constitucional latinoamericano. Antonio Nariño tradujo la Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano y no el *Bill of Rights* inglés de 1689 ni la Declaración de Independencia Americana de 1776 porque el tenor universalista y racionalista de los enunciados de la primera estaba llamado a tener mucho más impacto político y sentido revolucionario que los enunciados en buena parte locales e históricos de los documentos anglosajones" (García Villegas, 110).

El descrito proceso de codificación de raigambre positivista se consolidó en Colombia por la Constitución de 1886, que propendió por la construcción de un Estado Nacional Unitario, de corte corporativista e inspiración iusnaturalista. El periodo transcurrido en la Historia Nacional entre 1886 y 1930 se halló enmarcado dentro de una síntesis entre el tradicionalismo jurídico y el formalismo positivista, más próximo al ambiente europeo que a la realidad nacional. El pensamiento jurídico colombiano es, en gran medida, heredero de esta disociación. La Regeneración afianzó una ideología nacionalista basada en los valores católicos, al tomar a la mencionada Constitución como bastión de cohesión nacional. "Los otros elementos de identidad que introdujo la Regeneración, como la disciplina social, la unidad nacional, la homogeneidad cultural, la autoridad estatal, el ordenamiento jurídico, el desarrollo industrial y agrícola, se redujeron a simples postulados retóricos que no lograron permear la cultura nacional ni menos aún ser interiorizados por los diversos sectores del país. El Estado unitario no fue más que una construcción política sostenida por un ordenamiento jurídico, que se creó con la finalidad de sostener y servir a dichos fines. El orden que se sostuvo gracias al andamiaje jurídico, mantuvo contra toda divergencia un orden importado que resultó tan ajeno a la realidad nacional como los intentos realizados durante los setenta años anteriores" (Goyes, 413).

Los más de tres lustros de la República Liberal (1930-1946) trajeron consigo un declive del ideario conservador y un afán de modernización y de reformas estructurales en los ámbitos del Estado, la infraestructura productiva, la transformación de la educación y la reforma agraria. Estos postulados se vieron abocados a la irrupción del periodo de la violencia bipartidista, que solo entre 1946 y 1948 cobró la vida de 15 mil personas. La posibilidad de un cambio en las dinámicas políticas, económicas y sociales del país se fue al traste con la instauración del Frente Nacional (1958-1974), acuerdo político entre los partidos tradicionales que significó una exclusión deliberada de otras fuerzas de corte socialista que pudieran significar alternativas democráticas a la hegemonía oligárquica nacional. Por esta época, el movimiento Derecho y Desarrollo pretendió implementar una salida jurídica (auspiciada por Estados Unidos) a la posible intervención del comunismo en el país. Al no haber atendido la incidencia de la cultura jurídica interna y externa, tal como se lo había propuesto inicialmente el Movimiento Derecho y Desarrollo, terminó limitándose a trasplantar modelos sin atender las condiciones de éxito para ello.

"Existe un consenso para referirse al fracaso de los esfuerzos de la primera generación por modernizar la educación jurídica en América Latina, de acuerdo con el modelo del liberalismo jurídico estadounidense, en la medida en que en realidad el método socrático y el análisis de casos no tuvo éxito, y el uso instrumental del Derecho fue aprovechado por intereses políticos antes que por el interés de desarrollo. Se desconoció la oposición que por distintos motivos tuvo la implementación de las propuestas del Movimiento" (Figueroa, 119). Puede sostenerse desde aquella época la pervivencia de una crisis del Derecho y de su incidencia en la enseñanza a partir de tres instancias: la primera, la denominada crisis de Legitimación Cíclica del Derecho; la segunda, la crisis derivada de la intervención del Estado en la vida social, y la tercera, la crisis del concepto occidental del Derecho. Es en este escenario en el que cabe realizar un análisis de las tendencias actuales del Derecho colombiano, su relación con América Latina y las incidencias de su enseñanza en la academia nacional.

Estudio comparado: tendencias en la formación jurídica

España

El Proceso de Bolonia es de fácil rastreo en el contexto educativo español. Para entender su operatividad, realizaremos brevemente una comparación entre tres universidades de carácter oficial y una privada, a saber: Salamanca, UNED y Zaragoza, de un lado, y CEU San Pablo, de otro.

La Universidad de Salamanca, una de las más antiguas de Europa, como casi el resto de las universidades españolas, organiza su currículo de Derecho en 240 créditos, discriminados así: formación básica: 60; materias obligatorias: 144; materias optativas: 30; prácticas externas: 0, y trabajo de fin de grado: 6.

Italia

De otro lado, prestando atención a la formación jurídica italiana, y centrándonos en la universidad más antigua del mundo (la de Bolonia), la formación jurídica italiana contempla cinco años de estudio: tres de fundamentación profesional y dos de profundización. En el caso de la universidad romana La Sapienza, también se contemplan tres años de formación inicial y dos adicionales de "Specialistica in Giurisprudenza".

Francia

En el caso del sistema educativo francés, hemos escogido dos universidades públicas; una de la capital y otra de provincia, a saber: la Universidad de París II Panthéon-Assas y la Universidad de Montpellier. En el primer ejemplo, la "Licence" se compone de seis semestres repartidos en tres años, con un total de 180 créditos.

La licenciatura tiene una duración de 6 semestres, repartidos en 3 años (L1, L2, L3) y corresponde a un total de 180 créditos europeos ECTS, 30 por semestre.

Cada semestre consta de tres unidades de enseñanza.

Brasil

La historia cultural en Brasil no se desarrolló en conjunto por lo amplio de su territorio, por la diversidad de pueblos y también por la presencia de grupos diferentes de indígenas y afrodescendientes, que hoy día conforman la nación brasileña. Se dificulta emprender investigaciones al integrar diferentes disciplinas forzadas por la necesidad de avanzar a velocidades inusuales que se originan en la presencia, uso y expansión de la tecnología, de la globalización que ha estimulado el comercio y una ampliación del número y orientación de disciplinas que dependen de las ciencias y la investigación que contrasta con las formas tradicionales de convivencia que se dan en Brasil y que influyen en sus estructuras, lo que genera conflictos para la consecución de los cambios institucionales deseados.

Brasil experimenta cambios notorios en su "Sistema de educación superior", motivados por la transformación de la economía regional impactada por la globalización, lo que hace que todo el sistema se vea forzado a mejorar para así aumentar la competitividad en todos los frentes; se genera la necesidad de implementar la formación de nuevos profesionales apartados de los modelos tradicionales que se quedan cortos al dar soluciones a las nuevas tendencias y desafíos.

Estos eventos, en algunos casos, han sufrido reveses por la escasez de recursos económicos, lo que, de una manera u otra, ha dinamizado al sector privado para que a través de créditos educativos se mejore su oferta, y así la cobertura de universidades privadas ha proliferado a lo largo y ancho del país.

Argentina

Uno de los parámetros establecidos por la Universidad de La Plata es lograr que su base local se constituya en la parte estructural más fuerte, para así, a través de su estrategia y competencia, extenderse al nivel provincial, luego nacional y después internacional, y agotar las diferentes modalidades disponibles.

El nivel de los logros obtenidos debe tener contenidos profundos para cimentar y respaldar los intercambios que se celebren con otras instituciones y otros países. Todo este esfuerzo es favorecido por el apoyo estatal, que hace la provisión de recursos para que se vean concretados los resultados esperados.

La comunicación con la comunidad y la difusión de las diferentes líneas y logros investigativos con carácter comunal, se realizan semestre a semestre por los estudiantes inscritos que participan en la elaboración de productos serios, sólidos, que cuenten con el respectivo respaldo científico.

Este intercambio científico debe conllevar los cambios y las soluciones buscadas, con el fin de establecer estrategias en conjunto con la sociedad. Otra rama del conocimiento activada dentro de la Universidad de La Plata es la oferta de diferentes y variados cursos de más corta duración, para incrementar la actividad educativa en la región. Asimismo, hay una gran oferta que se brinda para la formación de profesionales en especializaciones que cubren la demanda local y regional en los países del Mercosur y Unasur.

Para lograrlo se hace un intercambio de docentes y estudiantes; se han incrementado los convenios interinstitucionales y se patrocina el desarrollo de proyectos que generen cambios e innovación relevante para favorecer el "desarrollo de las naciones latinoamericanas". Se ha destacado la labor de protección e integración del medioambiente a través de "actividades socioculturales", además se trabaja en la promoción de derechos humanos, libertad y desarrollo de las personas y en lo económico se considera el desarrollo sostenible a través de prácticas y uso adecuado de los recursos disponibles no renovables (Plata, *Trabajar para fortalecer vínculos con la sociedad y la región*, 2016).

El carácter científico se ha impuesto en su interior, se ha estimulado la producción investigativa y la construcción de nuevos conocimientos, que le representan el reconocimiento regional e internacional como un centro de destacados profesionales en lo cultural, científico y académico. Ha re-

presentado un aporte para el desarrollo de la región, pues ha tenido una dinámica en los eventos acaecidos durante la historia de la nación.

Al indagar sobre los objetivos de creación de la institución como tal, encontramos que es de carácter público, cuya mirada es promocionar la cultura, preservarla, difundirla, respetando los órdenes universales, pero sin desconocer ni dejar de lado la mirada y la experiencia argentina, actuando de manera directa sobre el entorno y aplicando esos principios enunciados.

Son baluartes institucionales, además de la creación del conocimiento, la difusión y desarrollo de la cultura y de la ciencia, mediante la investigación científica y tecnológica, con un trazado humanista, que parte del ser, considera su acervo artístico y cultural; medios como la Universidad trabajan de la mano de sus estudiantes y docentes para lograrlo.

Dentro de sus integrantes, profesores, alumnos y egresados, se continúa la promoción, práctica y difusión de los más altos principios morales, estándares de respeto y responsabilidad en cuanto a su connotación social, como componentes de su formación integral y armónica.

En estos intensifica el hecho de ser profesionales comprometidos con las causas propias de la nación, a actuar de manera independiente, razonable, a tener originalidad y a ser profesionales altamente competentes e íntegros, dispuestos a servir al país con honestidad y eficiencia (*Desarrollo de programa para líderes en transferencia tecnológica*).

Dentro de los parámetros que siguen sus egresados está intercambiar conocimientos y aplicarlos a través de la investigación y la docencia, que imparten y aplican en la sociedad a la que pertenecen.

En su interior se integra el debate sobre temas científicos, sociales, políticos, y se construye con una mirada integral la forma de interpretar los fenómenos a estudiar, con varios tópicos o miradas que den muestra de la labor investigativa y cognoscitiva desarrollada, y así poder contribuir a la interpretación y manejo de los eventos materia de confrontación, favoreciendo la libertad de opinión y de expresión de sus autores, sean docentes o estudiantes, en aras del respeto y aplicación del reconocimiento de principios universales. En lo posible las afirmaciones que surgen de este trabajo sirven de base o de contribución a los problemas sociales, políticos e ideológicos que se presenten, ya que cuentan con el estatus de productos científicos tratados con la rigurosidad del marco científico con que se evalúan, con el fin de convertirse en el aporte que la sociedad necesita recibir.

Chile

Se fundamenta en la "vocación pública, la excelencia académica, la libertad de cátedra y el pluralismo".

Los profesionales egresados pueden ejercer su profesión como diplomáticos, políticos, en aéreas como Filosofía, Historia y Literatura, además de ejercer la docencia.

Hay una gran actividad institucional para promover la "Generación de conocimiento en cada uno de los programas", se intensifica en cada uno de estos. También el estudio en "Derechos humanos, argumentación, derechos indígenas, estudios de interculturalidad, medioambiente, justicia, nuevas tecnologías y regulación económica".

Su actividad intelectual no solo se orienta al saber nacional, sino que la Facultad se pronuncia sobre temas regionales, de "Reformas legales, diseño de políticas públicas" y además hace difusión de los resultados de esa infestación como producción intelectual. Para lograrlo, cuenta con un grupo de docentes, cercano a los 300 miembros, de los cuales 60 son doctores en Derecho. Su labor investigativa los ha hecho merecedores de varios premios, entre estos el Nacional de Historia y otros en Humanidades.

El primer convenio de cooperación técnico-científico en Chile se celebra con Estados Unidos, el 10 de agosto de 1965, "Primer plan Chile-California" para la obtención de estrategias mediante la cooperación de las universidades de California con las de Chile. Las aéreas en las cuales se empezó a trabajar fueron: "agricultura, educación, manejo de aguas y transporte".

La Fundación Ford auspició el intercambio para la formación de profesores a la Universidad de Chile y traslado de estudiantes a Estados Unidos. Así, se abre la actividad científica, comienzan las investigaciones y se moderniza la red de bibliotecas.

México

La Licenciatura en Derecho es un programa en el cual la base principal es el educando; está fundamentado en la innovación y flexibilidad curricular, la cual busca brindar al estudiante una formación acorde con sus necesidades y capacidades.

El plan de estudio está diseñado en tres etapas de conocimiento: Básica general (fundamental e introductoria), Disciplinaria y Terminal. Su función principal es la de formar juristas e investigadores para ejercer el liderazgo científico con justicia, equidad, solidaridad, ética social y sentido propositivo de soluciones a los problemas jurídicos de la sociedad contemporánea; impulsar la investigación inter, multi y transdisciplinar, y promover la cultura de la legalidad, innovación y difusión jurídica, al ejercer la transparencia por medio del uso y apropiación de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Perú

Se tiene como objetivo responder a los nuevos desafíos de los problemas sociales, económicos, culturales y bilógicos; la globalización, interdisciplinariedad y multidisciplinariedad. Fomenta la conciliación entre personas e instituciones, la formación interdisciplinaria; el alumno de esta Universidad debe fomentar las siguientes competencias genéricas.

La Universidad ofrece a sus alumnos de pregrado la modalidad de articulación vertical, en el marco del cual los estudiantes pueden realizar maestrías en la escuela de posgrados que serán reconocidas por la Facultad, lo cual es una estrategia innovadora en lo que se refiere a flexibilidad e interdisciplinariedad.

En cuanto a la internacionalización, la Facultad cuenta con un área encargada de promover la movilidad estudiantil, los estudiantes pueden postularse para cursar un programa de intercambio en una universidad extranjera, con una duración máxima de dos semestres, y solicitar ayuda económica por parte de la Universidad para sostenimiento, alojamiento y demás.

Pretende formar profesionales en diferentes áreas del conocimiento; entre estas encontramos el Derecho, el cual tiene una duración de 12 semestres; su objetivo principal es formar abogados con conocimientos sólidos en general y en particular del Derecho de la empresa.

La Facultad de Derecho tiene en su plan de estudios la materia denominada Globalización y realidad nacional, que les permite a sus alumnos tener una visión completa de los fenómenos jurídicos que se presentan alrededor del mundo, y se articulan con la problemática interna y la incidencia de estos en el país.

Colombia

Tenemos, a grandes rasgos, los siguientes modelos pedagógicos:

- Modelo tradicional: puede señalarse que este se caracteriza porque todo gira en torno al maestro y al conocimiento que posee. El conocimiento del estudiante se mide por su capacidad memorística y de repetición. Es una relación vertical, donde el docente es quien plantea los contenidos temáticos de las materias y se los transfiere a los discentes, quienes se limitan a ser simples reservorios del conocimiento.
- Modelo naturalista: al contrario del modelo anterior, el eje central en este es el sujeto que aprende; es decir, el estudiante es el protagonista en su proceso de formación. El proceso educativo está acorde con el nivel de crecimiento y entendimiento del estudiante. De este modelo se desprenden varios enfoques y teorías pedagógicas, como:

  La teoría del aprendizaje significativo, teoría del aprendizaje por descubrimiento, el constructivismo.
- Modelo instrumental-conductista: este se desarrolla con base en objetivos instruccionales y, a partir de estos, se realiza la evaluación del estudiante.

Uno de los modelos que apunta a la formación de estudiantes críticos, creativos y, sobre todo, conocedores de la importancia del trabajo en equipo, es el modelo cognitivista-constructivista; para este lo principal es el desarrollo del pensamiento, el cual se da a partir de los diferentes problemas de conocimiento.

Para este modelo, el conocimiento no se adopta pasivamente, sino que es el resultado de un proceso que constituye de forma activa la propia persona que 'conoce', en este caso el estudiante. Por eso sus fundamentos teóricos están determinados cuando sustenta que:

- El individuo logra, progresiva y secuencialmente, etapas superiores de desarrollo intelectual, según sus necesidades y condiciones específicas.
- La interacción, el debate, la argumentación, el lenguaje, son de suma importancia en el ser humano y en la construcción del mismo como tal.
- Se debe señalar al estudiante como si fuera un aprendiz de científico, que descubre y conoce a medida que experimenta.

- La creación de estructuras de conocimiento se da a partir de la relación sustantiva entre las ideas o experiencias previas del que aprende y la nueva formación adquirida.

- Es importante aprender a pensar y aprender a aprender, ya que el sujeto es el responsable de su propio aprendizaje.

- Una educación con calidad desarrolla la autonomía, el pensamiento crítico, el autodidactismo, la reflexión, la motivación, la responsabilidad, la cooperación.

Otro modelo que es de gran importancia es el crítico-social, el cual se destaca porque los contenidos de formación deben tomarse directamente de la realidad circundante y que asimismo deben ser abordados, intervenidos y en lo posible solucionados en integración con el contexto, con la comunidad; es decir, no se deben abstraer para ser trabajados desde otros escenarios (Vásquez, p. 49).

Existe una marcada diferencia entre el modelo tradicional y el modelo de enseñanza crítico-social, pues el primero se da en una relación vertical docente- estudiante, donde el primero es quien decide los contenidos de formación, se da gran importancia a la cátedra, el estudiante tiene un papel pasivo dentro del proceso de aprendizaje, este solo se limita a captar todo lo que el maestro le aporte sin realizar ningún ejercicio de crítica de lo que está aprendiendo, caso contrario se da en el modelo de enseñanza crítico-social, este se da en una relación horizontal estudiante-docente, donde cada parte desempeña un papel importante en el proceso cognoscitivo; el aprendizaje se desarrolla a través de ejercicios de reflexión crítica entre alumno y maestro.

A raíz de las anteriores metodologías han surgido teorías o propuestas que complementan lo ya planteado por los modelos pedagógicos tratados, entre estas tenemos:

1. Teoría uno. Según esta, las personas aprenden más cuando tienen una oportunidad razonable y una motivación para hacerlo; por ello se cimenta en cuatro condiciones fundamentales:

- Información clara: descripción clara de los objetivos y conocimientos requeridos y de los resultados esperados.

- Práctica reflexiva: oportunidad para el estudiante de ocuparse, activa y reflexivamente, de lo que debe aprender.

- Realimentación informativa: consejos claros y precisos para que el estudiante mejore el rendimiento y proceda de manera eficaz.

- Fuerte motivación intrínseca y extrínseca: actividades recompensadas porque permiten al estudiante obtener logros (Vásquez, p. 51).

Otro método de enseñanza es el de las "clínicas jurídicas", la cuales consisten en un método alternativo que interrelaciona la práctica con la teoría; su objetivo es que los estudiantes de Derecho aprendan trabajando con casos particulares, sean reales o simulados, y apliquen y reflexionen sobre la normativa y la doctrina estudiadas (Mascareño Varas, p. 8).

Básicamente lo que busca es formar abogados capaces de afrontar los problemas sociales que atraviesa en la actualidad la sociedad colombiana. Desde cierto punto de vista, las clínicas jurídicas tienen dos objetivos principales:

- Enseñar a los estudiantes de Derecho destrezas y habilidades, tanto prácticas como críticas y analíticas, que les permita desenvolverse en la profesión, orientados hacia el principio de la justicia social (Mascareño Varas, p. 210).

Las clínicas jurídicas se pueden llevar a cabo de diferentes modalidades, dependiendo de las condiciones políticas, económicas, culturales y sociales del lugar en donde la clínica funcione.

Por ejemplo, tenemos que se puede desarrollar basados en casos reales o simulados, dentro de la estructura universitaria o por fuera de esta.

Este método de enseñanza es de gran utilidad para los estudiantes de Derecho, ya que incentiva el pensamiento crítico, la investigación y el trabajo grupal, lo que hace que desarrollen habilidades argumentativas y creativas.

Asimismo, les permite a los estudiantes conocer qué es un proceso, sus etapas y las posibles situaciones que podrían presentarse en desarrollo del mismo. Cuando se trata de casos simulados, les permite a los estudiantes diseñar diferentes estrategias, asumir distintos papeles, entre otras, eso tratándose de las clínicas jurídicas con casos simulados; cuando el método de estas se implementa con casos reales, los estudiantes tienen un acercamiento directo con los problemas de la sociedad, conocen de cerca el ambiente en el cual se desempeñan los abogados en su rutina habitual, y las diferentes situaciones que se presentan con la administración de justicia.

Uno de los principales objetivos de este método de enseñanza es superar la crisis que afronta la administración de justicia y mejorar la imagen del abogado colombiano.

La clínica jurídica se presenta como una oportunidad de cambio para mejorar la formación de abogados y contribuir con la superación de la crisis de la justicia por la cual atraviesa Colombia.

Hasta el momento se puede afirmar que el modelo de enseñanza imperante en la formación de los abogados colombianos es el tradicionalista-transmisionista, donde la fuente principal de conocimiento es la norma positiva, y la herramienta principal es la memoria del estudiante y la capacidad de repetición de lo explicado por el docente en clase.

Para determinar cuáles son las tendencias pedagógicas en la formación del Derecho en Colombia, México y Perú, se tomarán como referentes los currículos de las Facultades de Derecho de universidades que cuentan con gran reconocimiento en el campo académico.

Para el caso colombiano se tendrán: la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Libre, la Universidad de Antioquia y la Universidad del Rosario.

Universidad Libre

En términos generales, la Universidad Libre plantea como objetivo principal formar abogados con una conciencia crítica y reflexiva, que sean investigadores sociales que lleguen a comprender su realidad.

En cuanto a la investigación, posee un centro de investigaciones sociojurídicas, el cual tiene como campo de aplicación la investigación formativa y la investigación científica, en donde existe la libertad de investigación, de cátedra, de expresión de conciencia y pensamiento para el ejercicio de funciones universitarias de investigación, docencia y proyección.

En lo que tiene que ver con la internacionalización, la Facultad de Derecho de la Universidad Libre tiene convenios de cooperación con diferentes universidades internacionales para lograr una internacionalización curricular.

Universidad de Antioquia

La Facultad de Derecho tiene como misión formar abogados con capacidad crítica, con sólidos criterios jurídicos y suficientes elementos para comprender el Derecho, en sus dimensiones práctica y científica, a la sociedad, la política y el Estado.

El programa de Derecho ofrece a sus estudiantes profundización en diferentes áreas del conocimiento. Entre estas, en Teoría del Derecho, Derecho Administrativo, Derecho privado, laboral, seguridad social, económica, etc.

En cuanto a las prácticas, la Facultad de Derecho de la Universidad de Antioquia tiene como fines la formación académica, la docencia asistencial, la asesoría jurídica a la comunidad y la proyección social.

Enfoques en la formación jurídica: interdisciplinariedad, investigación e internacionalización

En 1990, con el comienzo de una nueva década y la proximidad de un nuevo siglo, el derecho a la educación fue objeto de reunión y debate por parte de los Estados en Tailandia, en el marco de la Conferencia Mundial sobre Educación para Todos, la cual concluyó en la Declaración Mundial con el mismo nombre. Dicha declaración intentó desarrollar tímidamente la protección genérica brindada por las convenciones y pactos internacionales que le antecedían.

Es así como este instrumento propone condiciones básicas para facilitar que los Estados ejecuten sus deberes de respeto y garantía en cuanto a la solidaridad internacional, la destinación de recursos y la implementación de políticas de apoyo (Unesco, 1998, p. 15).

Asimismo, en el plano regional, la Declaración sugiere como valioso el intercambio de información, experiencia y competencia entre los países en materia de educación.

El componente de la investigación, por ejemplo, comienza a concebirse aquí como idóneo dentro de la concepción garantista del Derecho, así como la producción de nuevo conocimiento, los medios empleados para obtenerlo y la cualificación de los profesionales que siguen de cerca ese acompañamiento en el mundo académico, para generar una posterior retroalimentación de las prácticas ejercidas por los Estados dentro de cada región, e incluso en el ámbito interregional.

Ocho años después, en París, se profiere la Declaración Mundial sobre Educación Superior en el siglo XXI; aquí no solo se concentra todo el interés por parte de los Estados en la importancia específica de la calidad en la educación superior, sino que también surgen nuevos retos por superar en ese comienzo de siglo; así se deduce de la misma, cuando afirma:

> Pero también es la época en que se ha agudizado aún más la disparidad, que ya era enorme, entre los países industrialmente desarrollados, los países en desarrollo y en particular los países menos adelantados en lo que respecta al acceso a la educación superior y la investigación y los recursos de que disponen. Ha sido igualmente una época de mayor estratificación socioeconómica y de aumento de las diferencias de oportunidades de enseñanza dentro de los propios países, incluso en algunos de los más desarrollados y más ricos (Unesco, 1998, p. 2).

Además de que esta Declaración brinda dilucidaciones acerca de cómo está compuesto el concepto de educación superior, también nos brinda un espectro amplio de sus funciones y finalidades, traza algunos derroteros para evaluar la calidad de la misma y, finalmente, adiciona el factor de las nuevas tecnologías como herramienta esencial para el desarrollo de la educación superior.

Para terminar, nos parece importante agregar que en la Declaración se plasma el consenso de los Estados en cuanto a ciertos desafíos actuales pendientes de superar.

> La educación superior ha dado sobradas pruebas de su viabilidad a lo largo de los siglos y de su capacidad para transformarse y propiciar el cambio y el progreso de la sociedad. Dado el alcance y el ritmo de las transformaciones, la sociedad cada vez tiende más a fundarse en el conocimiento, razón de que la educación superior y la investigación formen hoy en día parte fundamental del desarrollo cultural, socioeconómico y ecológicamente sostenible de los individuos, las comunidades y las naciones. Por consiguiente, y dado que tiene que hacer frente a imponentes desafíos, la propia educación superior ha de emprender la transformación y la renovación más radicales que jamás haya tenido por delante, de forma que la sociedad contemporánea, que en la actualidad vive una profunda crisis de valores, pueda trascender las consideraciones meramente económicas y asumir dimensiones de moralidad y espiritualidad más arraigadas (Unesco, 1998, p. 2).

Aquí es importante resaltar la integralidad del discente en el ámbito de la educación superior, refiriéndose de manera simultánea a la importancia de componentes tanto técnicos como éticos del profesional, o inclusive del estudiante. De manera concomitante, la educación ha sido identificada como "uno de los pilares fundamentales de los derechos humanos, la democracia, el desarrollo sostenible y la paz". *Ibíd.* En la actualidad, entonces, se ha dado un paso más adelante con un concepto relativamente reciente, como lo es el desarrollo, y se ha establecido relación entre este y la educación[1].

Estos dos conceptos, aplicados de manera sincrónica en la práctica, permiten un avance eficiente en las sociedades contemporáneas, de tal manera que un Estado que goce de educación de calidad

1 Para ampliar información véase "Conferencia Mundial de la Unesco sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible", Unesco, 2014.También puede verificarse "Conferencia Mundial sobre la Educación Superior - 2009: la nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo", Unesco, 2009.

estará más fácilmente encaminado hacia el desarrollo, y al mismo tiempo, un Estado desarrollado tendrá como prioridad promover una educación de calidad.

El último Informe de Seguimiento de Educación en el Mundo fue publicado en el 2016. Dentro de sus mensajes más contundentes tenemos que, de manera gráfica, nos explica cómo se ha establecido una relación causa-consecuencia directamente proporcional entre el grado de desarrollo de los países y el daño ecológico causado por estos; es decir, que los países con más alto índice de desarrollo humano han sido también los que mayor huella ecológica han dejado (Informe de Seguimiento de Educación en el Mundo, 2016, p. 12).

También se estableció que el nivel educativo tiene gran incidencia en la reducción de la pobreza (Informe de Seguimiento de Educación en el Mundo, 2016, p. 18), así como el desarrollo social influye, a su vez, de manera directa en la educación, ya que factores como el acceso al agua, saneamiento, higiene y energía son trascendentales para hacer efectivo el derecho a la educación; además, el informe tiene la clara intención de enviar un mensaje concreto en cuanto a la función que la educación por sí misma tiene para con el planeta; es decir, proyecta de manera altruista como derrotero máximo una educación comprometida con el desarrollo sostenible.

Lo anterior da cuenta de que los organismos internacionales han realizado progresivamente un trabajo importante, aunque no finiquitado, de protección al derecho a la educación de manera cada vez más integral, al otorgar a los Estados directrices para su implementación y mecanismos de seguimiento a los avances internos de cada Estado. Como pudimos darnos cuenta, los componentes de la investigación y de la inclusión de nuevas tecnologías como medio indispensable en los procesos de aprendizaje han sido agregados hasta hace poco a las variables determinantes de la calidad y del nivel de acceso a la educación.

Por ende, al profesional del Derecho no se le puede abstraer de la formación como investigador ni tampoco excluir con la privación del conocimiento y métodos de aprendizaje que puede adquirir mediante el uso de nuevas tecnologías. Para tal fin será indispensable que también los docentes se encuentren en unas condiciones de calidad académica y pedagógica óptimas, con el objetivo de contribuir de manera eficaz en la formación de sus pupilos como investigadores y que los fondos destinados a la educación tengan trazados como prioridad el rubro de la investigación y de los medios de accesibilidad a la información con los que cuenten los mismos estudiantes. Todo esto se resume en la voluntad política y la creación de políticas públicas que los gobiernos de turno decidan, además, implementar.

Crisis de la educación superior

No es la primera vez que la educación se ve sometida al riguroso escrutinio crítico de la sociedad; la crisis actual difiere profundamente de cuanto ha ocurrido antes. Philip H. Coombs señala: "Es una crisis mundial de la educación, más sutil y menos aparente que una 'crisis alimenticia' o 'crisis militar', pero no menos real ni menos desastrosa en su peligrosidad potencial" (Franco; Tunnermann).

Al iniciar el siglo XXI se identifican ciertas debilidades o retos en el sistema:

a) La distancia entre la educación superior y las necesidades de la sociedad contemporánea.

b) El acceso a la educación superior.

c) Los desequilibrios entre la formación de graduados y la estructura ocupacional.

d) Los dilemas a que se ve sometida la educación superior, como: autonomía *versus* control público; apertura *versus* selección; especialización *versus* polivalencia; servicio a la sociedad *versus* función crítica, etc.…

e) Las estructuras académicas y administrativas inadecuadas.

f) Ineficacia de métodos tradicionales de enseñanza y búsqueda de nuevos métodos.

g) El desequilibrio entre las funciones de investigación, docencia y servicio.

h) Las polémicas en relación con el lugar del estudiante en la vida universitaria.

i) Las discusiones en cuanto a la mejor manera de organizar el gobierno de las instituciones de educación superior.

j) La responsabilidad de las instituciones de educación superior en la formación de personal docente.

k) Las repercusiones del concepto de educación permanente en la enseñanza superior.

La problemática vinculada con la creación de sistemas abiertos o de educación a distancia (Franco; Tunnermann).

Necesidades de la sociedad

Funciones básicas de las instituciones universitarias: investigación, docencia y servicio público, además las funciones crítica y social.

Retos: en cuanto a las funciones de la universidad de cara a la revolución socio-científica, "la masificación y los efectos de la revolución científico-técnica representan los fenómenos que más contribuyen a forzar el cambio de las actuales estructuras y dar un nuevo sentido a las funciones universitarias" (Franco; Tunnermann).

1. Poner el conocimiento al alcance de todos.

2. Obsolescencia del conocimiento (debido a su dinamismo).

3. El papel de la ciencia en el proceso de desarrollo integral (propósitos humanitarios).

La interdisciplinariedad: "…la propia evolución del conocimiento contemporáneo, que apunta hacia una integración de las disciplinas más que a una diferenciación excesiva de **éstas,** refuerza la búsqueda de nuevas estructuras académicas que permitan el cultivo interdisciplinario de la ciencia" (Franco; Tunnermann).

La función de la docencia, la investigación y la extensión universitaria

Ha existido una transmutación de procesos de enseñanza, de aprendizaje y cultura de autoaprendizaje (anteriormente centraba sus métodos en la cátedra expositiva).

Consensos internacionales frente a la función docente

1. Principio de unidad entre docencia, investigación y extensión, de modo que las tres funciones clave informen todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. También entre formación general, formación profesional y creación de nuevos conocimientos.

2. Debe responder a la naturaleza interdisciplinaria del conocimiento y centrarse en torno al estudio de problemas tomados del contexto social.

3. La pertinencia del quehacer docente, es decir, su estrecha vinculación con los problemas del medio y del momento.

La preocupación por estos problemas debe ser el hilo central de la educación superior de nuestros días, para que esta sea, como se ha dicho, no solo preparación para la vida sino vida misma en toda su compleja y problemática realidad.

4. La introducción del concepto de educación permanente confiere también nuevas dimensiones a la labor docente, tanto por la presencia, cada vez mayor, en sus aulas de una población adulta que requiere nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje y evaluación, como por las múltiples y novedosas tares que demanda de la universidad la visión de la educación como un proceso continuo y vitalicio.

5. Se busca una relación más estrecha entre el docente y el mundo del trabajo…

6. La ausencia de personal docente capacitado para hacer frente a estas nuevas situaciones se considera como el problema más agudo (Franco; Tunnermann).

- Avances de la investigación

Incluso, como lo señala el documento de trabajo preparado por la AIU para la Conferencia de Moscú, ya citado, "La responsabilidad educativa de las universidades se ha hecho tan grande que solamente una proporción relativamente pequeña de la enseñanza deriva directamente de la investigación original emprendida por los profesores que la transmiten" (Franco; Tunnermann).

Aplicación diferenciada de la investigación, tratándose de países desarrollados o en desarrollo, según el caso: "…En los países desarrollados el adelanto de la ciencia y la tecnología".

El autor hace una distinción del abordaje de la investigación diferenciado, sea que se trate de un país desarrollado o no, según el caso.

> "En los países desarrollados el adelanto de la ciencia y la tecnología, pese a la decisiva contribución de las universidades, no depende tan estrechamente de ellas; desde luego que existe toda una serie de instituciones públicas y privadas, que consagran enormes presupuestos a su financiamiento. Incluso en algunos de estos países, como sucede en Estados Unidos, la discusión gira en torno a otros problemas: la excesiva dependencia de los programas de investigación de las universidades de los donativos del gobierno federal, que al disminuir en los **últimos** años ha creado una grave crisis de financiamiento para las universidades, que se ven precisadas a descontinuar muchas líneas de investigación.
>
> La crítica a los temas de investigación y su servicio a los intereses del complejo industrial militar de las grandes empresas y el gobierno, etc. En cambio, en los países subdesarrollados las universidades suelen ser la columna vertebral del sistema científico tecnológico de la nación, ya que en ellas se concentra la mayor parte de la actividad científica del país. Lo anterior pone de manifiesto el papel clave que en estos países tienen las universidades en cuanto a las tareas de investigación y la promoción del desarrollo científico y tecnológico. Ellas deben poner así todos sus recursos para luchar contra una de las modalidades de dependencia que más ata al subdesarrollo: la dependencia científica y tecnológica" (Franco; Tunnermann).

Innovaciones en las estructuras académicas

"En consecuencia, Jaspers apunta y estimula el criterio antitético y unitario de clasificación, como más indicado para lo que llamaríamos la interdisciplinariedad, que conduce a la unidad del saber en correspondencia a la unidad del ser**"** (Franco; Tunnermann).

Al parecer, desde sus orígenes las primeras universidades plantearon una división de labores según las disciplinas, lo cual origina las primeras facultades:

> …las universidades medievales, sea que dieran preferencia a los estudios de Teología (como fue el caso de las universidades de París, Salamanca y Oxford), o a los de Derecho (como sucedió con las de Bolonia y Orleans), o bien a los de Medicina (que adquirieron especial renombre en Montpellier y Salerno).
>
> Lo cierto es que por su mismo carácter corporativo y por el esquema filosófico al cual respondían, tuvieron el carácter de totalidad, y reflejaron una concepción más unitaria que las universidades de la época moderna, principalmente las creadas bajo el influjo utilitarista de la Ilustración y del Positivismo, que si bien renovó la enseñanza medieval, la introducción de los métodos experimentales propició un excesivo profesionalismo y desarticuló la unidad institucional de los viejos claustros.
>
> Su fruto más representativo fue la universidad francesa organizada por Napoleón, simple conglomerado de escuelas profesionales (Franco; Tunnermann).

Luego llegó el fenómeno de la departamentalización; sin embargo, la división de facultades aún permanece vigente. El origen de departamento dentro de las universidades lo hallamos en Norteamérica, en donde se comenzaron a individualizar las disciplinas y pronto se vio plasmado el carácter

unidisciplinario. Esta departamentalización trajo consigo grandes ventajas y progresos específicos, como por ejemplo "…facilitó la ampliación de las **áreas** del crecimiento atendidas por las universidades, sin necesidad de crear nuevas facultades o escuelas y propició una más estrecha relación entre las actividades docentes, investigativas y de extensión" (Franco; Tunnermann).

Sin embargo, la departamentalización trajo consigo también inconvenientes como "…que acentúa la fragmentación del conocimiento…", "…también se critica la posibilidad que la departamentalización conduzca al manejo comercial de la producción de conocimiento en las universidades…" y presentó un nuevo reto: "…el meollo de las reformas académicas de nuestros días radique en cómo combinar los elementos estructurales de la universidad de manera que su organización promueva y facilite esa interdisciplinariedad, que es la forma contemporánea de ejercer el oficio universitario" (Franco; Tunnermann).

La interdisciplinariedad ya ocupaba un lugar importante en términos de prioridades en la agenda educativa en América Latina para finales del siglo XX, que abrió el debate y "la reflexión sobre la enseñanza y la investigación en las universidades" (Franco; Tunnermann).

El primer esclarecimiento que la interdisciplinariedad obligó a hacer fue el referido a la diferenciación teórica de conceptos como inter-multi-pluri-transdisciplinariedad. Asimismo, dentro del concepto de transdisciplinariedad se iniciaron procesos internacionales de análisis, sobre todo hacia 1969 y 1970, liderados por el CERI de la OECD (Franco; Tunnermann).

En ese proceso internacional de análisis se distinguieron tres niveles de interdisciplinariedad, según el grado de interacción alcanzado entre las disciplinas: multidisciplinariedad (primer nivel), interdisciplinariedad (segundo nivel) y transdisciplinariedad: un sistema total que no tenga fronteras sólidas entre disciplinas (tercer nivel) (Franco; Tunnermann).

Ejemplos de universidades con esquemas interdisciplinarios en el mundo: Universidad de Sussex, Inglaterra; Universidad de Wisconsin,-Green Bay, Estados Unidos. En América Latina fue pionera en la implementación de este propósito la Universidad Javeriana de Bogotá (Franco; Tunnermann).

Asimismo, la Universidad del Valle y la de los Andes fueron las primeras en superar el esquema tradicional de educación.

Importancia vital de currículo: "En el currículo es donde las tendencias innovadoras deben encontrar su mejor expresión. Nada refleja mejor la filosofía educativa, los métodos y estilos de trabajo de una institución que el currículo que ofrece, es un currículo tradicional que implica métodos de enseñanza destinados a la simple transmisión del conocimiento con predominio de cátedras puramente expositivas que estimulan la actitud pasiva del alumno, preponderancia de docentes de dedicación parcial, ausencia de investigación, **énfasis** en el conocimiento teórico, etc." (Franco; Tunnermann).

Pronto se advirtieron, como ya vimos, los riesgos que implica la departamentalización, susceptible de convertirse en rígida compartamentalización, que acentúa la fragmentación del conocimiento en pequeñas comunidades de científicos inclinados a la superespecialización y la autosuficiencia Se hizo ver que un sistema departamental rígido puede menoscabar la efectiva vinculación de la universidad con su realidad, pues esta, evidentemente, exige un tratamiento pluridisciplinario.

En la discusión contemporánea del tema se ha subrayado que la departamentalización responde a una organización unidisciplinaria, que no concuerda con el espíritu de la ciencia y la investigación contemporánea, esencialmente pluri o interdisciplinaria. También se critica la posibilidad de que la departamentalización conduzca al manejo comercial de la producción de conocimiento en las universidades.

Lo anterior ha llevado, principalmente en los últimos años, a la búsqueda de nuevos elementos estructurales para la organización académica de las instituciones de educación superior. En algunos países (Brasil, por ejemplo) las cátedras han sido abolidas por precepto legal, en otros lugares se procura reunir los departamentos en unidades más amplias (centros o divisiones) que responden a las grandes áreas del conocimiento (Humanidades, Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra, Ciencias del Hombre, etcétera).

En otras experiencias se suprimen las cátedras, los departamentos y las facultades, reemplazándolos por "Escuelas de Estudios" (caso de la Universidad de Sussex, en Inglaterra). El convencimiento de que no es posible resolver los complejos problemas de la sociedad contemporánea sin una perspectiva interdisciplinaria, hace que el meollo de las reformas académicas de nuestros días radique en cómo combinar los elementos estructurales de la universidad, de manera que su organización promueva y facilite esa interdisciplinariedad, que es la forma contemporánea de ejercer el oficio universitario (Franco; Tunnermann).

De ahí que la discusión internacional sobre el tema se haya orientado, hasta ahora, a esclarecer el concepto de interdisciplinariedad, en qué medida esta favorece una enseñanza e investigación adaptadas al actual desarrollo del conocimiento, y a examinar sus posibilidades como elementos fundamentales de innovación en el ser y quehacer de la universidad contemporánea.

En primer lugar, fue preciso llevar a cabo un cuidadoso deslinde conceptual para precisar la naturaleza de la interdisciplinariedad, distinguiéndola de la multidisciplinariedad, de la pluridisciplinariedad y de la transdisciplinariedad. Luego, ya en el campo de la interdisciplinariedad, distinguir las diferentes modalidades que esta puede asumir, según sea la etapa de madurez alcanzada en el proceso.

La mejor contribución a este esfuerzo es la que resultó del proyecto de investigación que sobre la interdisciplinariedad auspició, en los años 1969 y 1970, el Centro para la Investigación y la Innovación con el Seminario sobre la interdisciplinariedad en las universidades, que tuvo lugar en la Universidad de Niza, Francia, en septiembre de 1970.

El volumen que recoge los trabajos preparatorios, las ponencias y las conclusiones del seminario, representan el más valioso acercamiento teórico a la discusión internacional sobre la interdisciplinariedad (Apostel *et al.,* 1975).

En su contribución al seminario de Niza, el profesor Jean Piaget distinguió tres niveles de interdisciplinariedad, según el grado de interacción alcanzado entre las disciplinas componentes. El nivel inferior podría ser llamado 'multidisciplinariedad', y ocurre cuando la solución a un problema requiere obtener información de una o dos ciencias o sectores del conocimiento, sin que las disciplinas que contribuyan sean cambiadas o enriquecidas. Esta situación podría constituir una primera fase, que sería posteriormente trascendida, pero que duraría un tiempo más o menos largo.

Esto es con frecuencia lo que se observa cuando se forman grupos de investigación con un objetivo interdisciplinario y al principio se mantienen en el nivel de información acumulativa mutua, pero sin tener ninguna interacción.

Reserva el término interdisciplinario para designar el segundo nivel, "donde la cooperación entre varias disciplinas o sectores heterogéneos de una misma ciencia lleva a interacciones reales, es decir hacia una cierta reciprocidad de intercambios que dan como resultado un enriquecimiento mutuo".

Finalmente, el profesor Piaget considera que existe un tercer nivel, una etapa superior que sería la "transdisciplinariedad", la cual "no sólo cubriría las investigaciones o reciprocidades entre proyectos especializados de investigación, sino que también situaría esas relaciones dentro de un sistema total que no tuviera fronteras sólidas entre las disciplinas, aunque esto es todavía un sueño, no parece que sea irrealizable".

La diferencia fundamental entre lo pluridisciplinario y lo interdisciplinario estriba, entonces, en que mientras lo pluridisciplinario no es más que la simple yuxtaposición de disciplinas, lo interdisciplinario implica la integración de sus métodos y conceptos. "Mientras que la pluridisciplinariedad es más bien una práctica educativa, la interdisciplinariedad es un principio y esencialmente una categoría científica que se relaciona sobre todo con la investigación".

¿Cuáles son las consecuencias que para la universidad tiene la actual evolución del conocimiento? J. R. Gass, en el prólogo al libro de la OECD, ya mencionado, sostiene que "el cambio creativo de la enseñanza universitaria y la investigación exige, cada vez con mayor fuerza, un acercamiento a la enseñanza interdisciplinar. Esto no plantea la necesaria destrucción de la enseñanza organizada por disciplinas, sino de enseñar éstas en función de sus relaciones dinámicas con otras disciplinas y con los problemas de la sociedad. El creciente costo social que representa la extrema especialización del conocimiento justificaría, por sí misma, esta concepción. La interdisciplinariedad no es una panacea que asegure por sí sola la evolución de las universidades, es un punto de vista que permite una reflexión profunda, crítica y saludable sobre el funcionamiento de la institución universitaria".

La interdisciplinariedad es un singular instrumento para provocar un enriquecedor proceso de innovaciones en la universidad de la última parte del siglo XX. En el panorama mundial de la educación superior ya se pueden

mencionar ejemplos de universidades que han organizado toda su labor de acuerdo con un esquema interdisciplinario.

Así sucede con la Universidad de Sussex, en Inglaterra, la Universidad de Wisconsin-Green-Bay, en Estados Unidos, la Universidad de Hacetteppe, que está organizada en función de un solo tema: la salud y sus problemas, de esta suerte, agrupa todas las disciplinas necesarias para este estudio, independientemente de su origen y categoría (Ciencias naturales, humanas, sociales y médicas), el programa de enseñanza de las ciencias fundamentales no se concibe como un servicio, como es el caso de muchas Facultades de Medicina, sino como parte integrante de un programa general.

También hay experiencias de centros o institutos que llevan a cabo programas interdisciplinarios, pero ligados a universidades que no han modificado sus estructuras. Este es el caso del Instituto de

Investigaciones de la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica), el Instituto de Oceanografía de la Universidad Dalhouise, en Halifax, Nueva Escocia (Canadá), los estudios sobre la región de Muskeg, de la Universidad de Nueva Brunswick (Canadá), el Centro de Estudios Nórdicos de la Universidad de Laval, en Quebec (Canadá), el Centro de Estudios Superiores de Desarrollo Regional de la Universidad de Tours (Francia).

El Departamento de Música de la Universidad de París, en Vincennes, Francia, el Instituto de Sociología y Política del Trabajo de la Universidad de Ruhr-Bochum, los Grados Interdisciplinarios Superiores por Investigación Aplicada de la Universidad de Aston, Birmingham (Inglaterra), etcétera.

En América Latina corresponde mencionar la Facultad de Estudios Interdisciplinarios de la Universidad Javeriana de Bogotá. También son dignos de mencionar, los esquemas teóricos elaborados sobre la base de la interdisciplinariedad, como el diseño por Erich Jantsck para el Instituto Tecnológico de Massachussets (Apostel *et al.*, 1975).

"Creo, en suma, que ninguna universidad latinoamericana puede llamarse tal si no provee eficazmente a la cultura humanística mediante la investigación, la reflexión y la liberación de consignas" (Sánchez, citado por Tunnermann, 2003, p. 78).

Otros ensayistas, incluso, llegan a negar la existencia de la Universidad Latinoamericana como modelo conceptual definido como institución de características propias. El exrector de la Universidad de Concepción, doctor Ignacio González, en un trabajo preparado para el Grupo Universitario Latinoamericano de Estudio para la Reforma y Perfeccionamiento de la Educación (Gulerpe), sostiene que:

> "Difícil es hablar de la universidad latinoamericana sin caer en generalizaciones discutibles o describir un arquetipo que termina por no parecerse a ninguna. El panorama continental es abigarrado desde la universidad heredada de la salmantina, que conserva formas tradicionales, hasta la fundada ayer con criterio moderno, desde la universidad estatal hasta la privada, desde la laica hasta la católica, desde la general hasta la técnica, de la grande –a veces enorme- hasta la que no pasa de ser una pequeña escuela de nivel intermedio, la variedad es enorme y son, por lo tanto, innumerables, sus caracteres y diferencias".

Reconoce, sin embargo, el exrector González, que ha tomado carta de ciudadanía una descripción de la universidad latinoamericana que no deja de tener realidad y fundamento, aunque se base más en elementos negativos que positivos (libresca, dogmática, memorizante, que no enseña las ciencias ni realiza investigación científica, que carece de bibliotecas y laboratorios, integrada por facultades profesionales autónomas en las que prima un espíritu más gremial que universitario; con autoridades electas por periodos cortos y profesorado de tiempo parcial, dueño de cátedras vitalicias, alumnado de tiempo parcial que disfruta de participación decisiva en los cuerpos académicos y administrativos y que no busca el saber sino el título, etcétera). Estas no son características de todas las universidades latinoamericanas –tampoco les son exclusivas–, pero lo son, indudablemente, de una mayoría significativa de ellas.

Tampoco tienen las universidades latinoamericanas una estructura que corresponda a un esquema definido, lógico y racional, de acuerdo con la función que desempeña. La universidad latinoame-

ricana de hoy es un conjunto heterogéneo en que elementos de universidades europeas y norteamericanas se superponen o encajan en una trama tradicional heredada de la universidad española del siglo XVIII. "El grado en que ellos han podido modificar la estructura tradicional les confiere una apariencia de mayor o menor modernidad. Podría decirse, en resumen, sin temor a exagerar, que la universidad latinoamericana carece de estructura en el sentido moderno del término y que es más un conjunto de elementos aglomerados alrededor de la idea de universidad, que una unidad orgánica y funcional" (Apostel *et al.*, 1975).

De ahí que Ribeiro considera que "el desafío mayor con que nos enfrentamos consiste por ello en elaborar un nuevo modelo teórico de universidad, que permita revertir el papel tradicional de la universidad, reflejo del medio social o réplica mecánica de los reclamos y presiones que se ejercen desde afuera sobre ella para conformarla como un agente de transformación de la sociedad". En consecuencia, para Ribeiro "no existe una universidad genuinamente latinoamericana, como no existe tampoco una América Latina unitaria en su conformación sociocultural. Todavía hay, sin embargo, una suficiente base común como para hablar en forma generalizada de una y otra entidad" (Franco; Tunnermann).

Situación actual en la educación superior

Restricciones en el gasto público. Como consecuencia de las dificultades económicas y de la difusión de ciertos criterios que cuestionaron la rentabilidad y eficacia del gasto público destinado al nivel terciario, América Latina y el Caribe llegaron a ser la región del mundo que invirtió menos como promedio por alumno matriculado en la educación superior. En general, descendieron las inversiones públicas en educación superior, investigación y desarrollo. La inversión de la región en educación superior representa, como promedio, el 2,4% del presupuesto dedicado al sector educativo, el 2,7% del presupuesto nacional y el 0,8% del Producto Interno Bruto (PIB).

El costo unitario promedio es aproximadamente de mil dólares, con grandes diferencias entre los países. La inversión en investigación y desarrollo, como porcentaje del PIB, se sitúa en cerca del 0,5 por ciento como promedio regional, con algunos países que superan ese promedio. La Unesco, hace más de dos décadas recomendó a nuestros países invertir en investigación y desarrollo al menos el 1% del PIB. Los países de la OECD invierten en ciencia y tecnología un promedio de 2,3% del PIB.

Internacionalización

En las **últimas** décadas se ha acentuado en la región el fenómeno de la internacionalización de la educación superior y de la investigación científica, con un claro predominio de orientación del Sur hacia el Norte. De esta suerte, en vez de contribuir a fortalecer las comunidades académicas de la región, ha estimulado la emigración de profesionales, científicos y técnicos hacia los países industrializados. La comunidad científica regional, estimada en 100 mil personas, de las cuales el 80 por ciento se encuentra en las universidades, contribuye con un 3% de los artículos científicos que se publican en las revistas internacionales editadas.

En el contexto antes señalado, los puntos críticos que se presentan en la educación superior de la región los podríamos enunciar de la manera siguiente:

a) Pese al extraordinario crecimiento cuantitativo de la matrícula, no se ha dado una auténtica democratización en cuanto a las oportunidades de acceso, permanencia y posibilidades de **éxito** para todos los sectores sociales, en un pie de igualdad y en función de los méritos respectivos, tal como lo proclama la Declaración Universal de los Derechos Humanos. La tasa regional de escolaridad en este nivel se sitúa en cerca del 18 por ciento, como ya vimos.

Cuando los jóvenes acuden al nivel terciario, un drástico proceso de selección ha tenido lugar en los niveles precedentes, y no precisamente por motivos académicos sino por razones económicas y sociales; además, el derecho humano a la educación superior no se satisface con el acceso a instituciones de baja calidad, que predeterminan situaciones de exclusión laboral. El sistema latinoamericano de educación superior se ha tornado así cada vez más adscriptivo, estableciendo claras diferencias entre sus egresados en cuanto al acceso al mundo del trabajo y el otorgamiento de estatus social.

b) El financiamiento de la educación superior se ha visto restringido como consecuencia de los ajustes económicos, de las dificultades fiscales y del cuestionamiento a la eficacia, pertinencia, calidad y rentabilidad de la educación superior, especialmente la pública. En una región donde el Estado es la fuente principal del financiamiento de la educación superior pública, y de una parte de la privada, las restricciones en el aporte fiscal han creado una situación de crisis en el subsistema terciario, ya que se ha dado una considerable expansión de la matrícula en condiciones de decrecimiento general de la economía y del gasto público.

Las restricciones económicas afectan sensiblemente el desempeño cualitativo de las instituciones de educación superior, obligándolas a gastar más del 90% de sus presupuestos en el pago de salarios y a reducir bastante las inversiones que más se ciñen a la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, tales restricciones conducen a priorizar la labor docente, con desmedro de las tareas de investigación, extensión y difusión.

c) Existe una preocupación generalizada en la región sobre la pertinencia, equidad y calidad de la educación superior. La falta de pertinencia y deterioro de la calidad es denunciada tanto por el sector estudiantil, que percibe la formación que se le ofrece como alejada de sus necesidades y expectativas, como por las autoridades gubernamentales, la sociedad civil y el sector productivo, que con frecuencia expresan insatisfacción sobre la pertinencia y calidad de la formación de las nuevas generaciones de egresados.

La preocupación por la calidad adquiere singular relevancia en función del papel central del conocimiento en la sociedad contemporánea y de los fenómenos de la globalización y la competitividad internacional. La crisis que enfrenta la educación superior de la región es así percibida, en buena parte, como una "crisis de calidad", y entre los factores que la provocan suelen mencionarse los siguientes:

1. La falta de articulación entre los distintos niveles educativos; 2. La proliferación de instituciones que no reúnen los requisitos mínimos para un trabajo académico digno de considerarse de nivel superior; 3. El bajo nivel académico de un porcentaje considerable del personal docente y su escasa formación pedagógica; 4. Los métodos de enseñanza que enfatizan sobre la transmisión de conocimientos y la acumulación de información, más que sobre los aprendizajes en realidad incorporados por el alumno. En un gran número de instituciones la cátedra magistral sigue siendo el centro de la

actividad docente y contribuye a propiciar la actitud pasiva del estudiante; 5. Finalmente, la falta de políticas públicas a largo plazo para la educación superior incide de forma negativa en los esfuerzos encaminados a elevar la calidad del trabajo académico en un contexto general, en el cual coexisten características positivas y negativas; aún los análisis más rigurosos reconocen a la educación superior de la región, principalmente pública, su papel en la promoción de los principios democráticos y del pensamiento crítico.

Su aporte a la modernización política y al desarrollo sostenible, a la movilidad social y a la difusión y enriquecimiento de la cultura e identidad nacionales. Gran parte de la excelencia académica de la región, de su ciencia y su tecnología, se ha generado en las universidades públicas, sin que eso signifique desconocer el aporte de las universidades privadas más prestigiosas.

Pese a los cuestionamientos que se le hacen, existe el convencimiento de que la educación superior es un bien social y un instrumento clave para la transformación y modernización de la sociedad.

Frente a esta problemática, tan brevemente resumida, los gobiernos, las instituciones de educación superior –en particular las universidades–, el sector privado y la sociedad civil en general, han ido generando distintos tipos de respuestas, que han conducido a transformaciones significativas en el panorama actual de la educación superior en América Latina y el Caribe.

Algunos gobiernos han impulsado reformas parciales, sobre la base de un cambio de la concepción que se tenía sobre el papel del Estado y de los sectores público y privado en relación con la educación superior. En algunos países se han impulsado reformas legislativas mediante las cuales se han instrumentado:

1. Nuevas modalidades de coordinación de los subsistemas de educación superior; 2. Formas de control de las instituciones privadas; 3. Modelos de evaluación y acreditación de las instituciones y programas, y 4. Cambios en los mecanismos para la asignación de los recursos públicos.

Numerosas universidades, por su parte, han procurado adaptarse a los cambios al desarrollar nuevas políticas y estrategias, entre las cuales se destacan: 1. La búsqueda y consolidación de nuevas formas de diálogo con las instancias gubernamentales y la sociedad civil; 2. La intensificación de los vínculos con el mundo del trabajo y el sector productivo, público y privado; 3. La introducción de una "cultura de evaluación", mediante la aceptación de la necesidad de establecer procedimientos de evaluación institucional y acreditación, orientados al mejoramiento de la calidad académica y el perfeccionamiento continuo de la gestión y administración; 4. La adopción y la planificación estratégica; 5. La introducción de la "cultura informática" y de las nuevas tecnologías de la comunicación e información, así como diversas modalidades de educación a distancia; 6. La diversificación de las fuentes de financiamiento, a través de la suscripción de contratos de servicios con entes públicos y empresas privadas, la realización de proyectos de investigación y desarrollo bajo el sistema de riesgos compartidos, la creación de fundaciones y empresas universitarias, y la instalación de parques tecnológicos e incubados dentro de empresas; 7. El impulso a la investigación sobre la propia educación superior y su problemática, y 8. La reorientación de la cooperación regional e internacional, privilegiando la formación de redes académicas y la integración regional y subregional de los sistemas de educación superior, con el fin de fortalecer los programas de posgrado y de investigación, consolidar la masa crítica de recursos de alto nivel y ampliar los espacios académicos (Franco; Tunnermann).

- **Tendencias y desafíos**

1. El rápido desarrollo de la tercera revolución industrial, el continuo progreso de la globalización y sus crecientes efectos, ¿cómo hacer para que se inspiren no en la acumulación de utilidades sino en la solidaridad humana?

2. La pobreza, inequidad y exclusión, ¿están indefectiblemente ligadas a la mundialización? ¿Pueden modificarse estas tendencias, o más bien serán reforzadas? En una palabra, una globalización para el bienestar de la gente y no solo para el mercado y la acumulación de ganancias por parte de las transnacionales.

3. La emergencia de nuevas amenazas a la paz, la seguridad y los derechos humanos. De ahí el reto de promover el paradigma de cultura de paz, la solución pacífica de los conflictos, la tolerancia y *aprender a vivir juntos,* uno de los pilares de la educación para el siglo XXI.

4. Los problemas provenientes del crecimiento excesivo de la población mundial. El reto consiste, entonces, en promover la educación, sobre todo de las mujeres, pues está demostrado que la mujer educada está más capacitada para controlar su fecundidad.

5. La rápida degradación del medioambiente (temperatura, agua… OMS).

6. La emergencia de la "sociedad de la información" es otra de las tendencias identificadas. De las 6 mil millones de personas que forman la población mundial, solo cerca de 100 millones tienen acceso a la internet.

7. La relevancia mundial del papel de la mujer. Mayor equidad de género en la educación y en la representatividad.

8. Finalmente, la sociedad emergente del conocimiento, asigna a la ciencia y a la tecnología un papel cada día más estratégico e importante. Si bien este puede augurar grandes beneficios a la humanidad en la lucha contra las enfermedades, por ejemplo, también suscita una serie de retos de naturaleza ética, como sucede con las posibilidades de la manipulación genética, la donación de seres humanos, etcétera.

El reto es darle mayor relevancia a la Bioética, es decir, al tratamiento ético de las inmensas posibilidades que representa la biotecnología. Como nunca será cierto el aforismo de Rabelais "ciencia sin conciencia es la ruina del alma". En su última obra, *Un mundo nuevo,* el profesor Federico Mayor afirma: "El siglo XX nos legó dos transformaciones de gran calado que han alterado profundamente nuestra visión del mundo:

> la 'revolución científica', que a la par de extraordinarios descubrimientos nos ha llevado de una edad de certeza y dogmatismo a un océano de dudas e incertidumbres, y la 'tercera revolución industrial', que está cambiando radicalmente la sociedad contemporánea por el influjo de los avances de la informática y la telemática, que paradójicamente acercan a las naciones por el fenómeno de la mundialización y, a la vez, las alejan al generar desigualdades cada vez más abismales entre ellas en cuanto acceso a los beneficios de la globalización, el conocimiento y la información" (Franco; Tunnermann).

La globalización no es ni enteramente buena ni mala. Depende de cómo se utilice. Su problema principal es que no es en realidad global sino fragmentada y que, como resultado, acumula las ventajas en un sector cada vez más reducido de la población de los países avanzados y de los subdesarrollados, y extiende las desventajas a sectores cada vez más amplios. Es selectiva, como nos señala Aldo Ferrer, ya que suele abarcar las esferas en que predominan los intereses de los países más avanzados.

Además, debe tenerse presente, como lúcidamente apunta Ferrer, que, en realidad, la globalización coexiste con espacios nacionales en los cuales se realizan la mayor parte de las transacciones económicas y se genera el proceso de desarrollo.

En promedio, más de 80% del consumo y la inversión se abastece con la producción interna de los países. Para que la mundialización funcione para la gente, no solo basta acumular utilidades, se necesita globalización con ética, equidad, inclusión, seguridad humana, sostenibilidad y desarrollo humano. Es decir, una globalización con rostro humano, con solidaridad, que es el "nuevo nombre de la fraternidad", según Octavio Paz en última instancia, de lo que realmente se trata es de globalizar la dignidad humana (Franco; Tunnermann).

Nunca en la historia de la humanidad, nos dice Edgard Morín, las responsabilidades del pensamiento fueron tan abrumadoras. "El gran desafío es si seremos capaces de elaborar 'un nuevo sistema de ideas' de 'repensar el mundo', porque ha llegado el momento de redefinir el rumbo y el sentido de la vida, si es que queremos que no se extinga sobre la faz de la Tierra".

Esta crisis de la concepción del mundo y de la vida sólo la podremos superar si somos capaces de inventar un nuevo humanismo y dar un horizonte **ético** a nuestro rumbo (Franco; Tunnermann).

Hay quienes prefieren hablar, más que de reforma de la educación superior, de una revolución en el pensamiento, caracterizada por su complejidad en la elaboración de nuestra construcción mental y en la estructura misma del conocimiento contemporáneo. El pensamiento complejo, que está en la esencia de la interdisciplinariedad, está animado, según Edgard Morín, de una tensión permanente entre la aspiración a un saber no parcelado, no dividido, no reduccionista y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento.

Frente a estos desafíos, es urgente estructurar las respuestas que nuestras universidades deberán darles, mediante una serie de tareas, como las que ya mencionamos, y que en apretada síntesis conducirían a fortalecer sus capacidades de docencia, investigación y extensión interdisciplinarias; flexibilizar sus estructuras académicas e introducir en su quehacer el paradigma del aprendizaje permanente, auspiciar sólidos y amplios programas de actualización y superación académica de su personal docente, acompañados de los estímulos laborales apropiados, incorporarse a las llamadas "nuevas culturas".

La cultura de pertinencia, de calidad, de evaluación, de informática, de administración estratégica y de internacionalización, todo inspirado en una dimensión ética y de rendición social de cuentas, tal como lo señaló la Conferencia Mundial de París. ¿Cuál es, entonces, el gran desafío en la perspectiva del siglo XXI? El reto es diseñar para la humanidad un proyecto global de desarrollo humano y sustentable; para el logro de lo anterior se necesitan políticas a largo plazo, diseñadas sobre la base de sólidos consensos sociales (Franco; Tunnermann).

Esta nueva visión de la educación, que es la visión para el nuevo siglo, implica cambios en el quehacer de los docentes y en su formación inicial y continua. Ellos también necesitan ser formados en la perspectiva de la educación permanente. "El educador para el siglo XXI –escribe el profesor colombiano Álvaro Recio– será un pedagogo-investigador con una honda formación humana y social, de modo que se convierta en agente de cambio de él mismo, de sus alumnos y de la comunidad circundante".

"La enseñanza se orientará, también, a que el alumno aprenda a trabajar, a investigar, a inventar, a crear y a no seguir memorizando teorías y hechos. Debe participar en el proceso educativo. Debe prepararse para la *auto-formación, auto-educación y auto-evaluación,* lo cual significa que el estudiante debe adquirir la responsabilidad de orientarse a sí mismo y de manejar su propia formación.

En una educación bajo esta concepción el educador debe ser un animador o estimulador y, además, debe trabajar en equipo con sus alumnos para identificar y seleccionar los problemas, para que no memoricen, sino que aprendan a utilizar todos los medios de información desde la biblioteca, la radio, el cine, la TV, internet, y a cómo acceder a las bases de datos nacionales e internacionales".

Los educadores, para el próximo milenio, necesitan formarse en un nuevo paradigma, el del aprendizaje, en el cual los educadores son primordialmente diseñadores de métodos y ambientes de aprendizaje, que trabajan en equipo junto con los estudiantes, de suerte que en realidad devienen en coaprendices; el educador, a la vez que forma, se está formando, y a la vez que enseña, aprende (Franco; Tunnermann).

El reto de la internacionalización

Finalmente, cabe aludir al reto de la internacionalización de la educación superior que es un reflejo del carácter mundial del conocimiento, la investigación y el aprendizaje. Como afirma la maestra Jocelyn Gacel, "la internacionalización de la educación superior es la respuesta construida por los universitarios frente a los efectos homogeneizadores y desnacionalizadores de la globalización"; pero también es "un recurso educativo para formar ciudadanos críticos y preparados para un buen desempeño en un contexto globalizado" (Franco; Tunnermann).

Una nueva visión de la educación superior

Para la Unesco, hay tres aspectos clave que determinan la posición estratégica de la educación superior en la sociedad contemporánea y su funcionamiento interno; estos son: pertinencia, calidad e internacionalización.

¿En qué consiste la pertinencia de la educación superior? "La pertinencia, dice la Unesco, se considera particularmente en función del papel de la educación superior como sistema e igualmente de cada una de sus instituciones hacia la sociedad, así como en función de las expectativas de esta respecto a la educación superior.

Por tanto, debe incluir temas como la democratización del acceso y oportunidades más amplias de participación en la educación superior durante diferentes etapas de la vida, los vínculos con el

mundo del trabajo y las responsabilidades de la educación superior hacia el sistema educativo en su totalidad".

Lo anterior nos lleva a reexaminar las relaciones entre la educación superior y la sociedad civil y, de manera particular, entre la educación superior y el mundo del trabajo y el sector productivo. El reexamen de las relaciones con la sociedad civil debe conducir a que la educación superior brinde más y mejores respuestas a los problemas que enfrenta la humanidad y a las necesidades de la vida económica y cultural, y sea más pertinente en el contexto de los problemas específicos de determinada región, país o comunidad. La relación con el mundo del trabajo está signada por la naturaleza cambiante de los empleos, que demandan conocimientos y destrezas en constante renovación y evolución.

Además, el graduado universitario cada vez más debe estar preparado para integrarse a equipos multi e interdisciplinarios de trabajo. "La sociedad se desplaza hacia un modelo de aprendizaje de por vida para todos, que está reemplazando gradualmente al modelo prevaleciente de aprendizaje selectivo y concentrado de estudios durante un período limitado".

"En resumen, sostiene el documento de la Unesco, en una época en que ya no se puede aplicar más la ecuación 'título = trabajo', se espera que la educación superior produzca egresados que no sólo puedan ser buscadores de trabajo, sino también empresarios de éxito y creadores de empleos". Para la educación superior no basta con atender las nuevas necesidades del mercado laboral. "Las instituciones de educación superior, agrega la Unesco, deben resaltar los valores éticos y morales en la sociedad, procurando despertar un espíritu cívico activo y participativo entre los futuros graduados" (Franco; Tunnermann).

Conclusiones

Se torna ineludible el análisis de realidades sociojurídicas, enmarcadas en acontecimientos históricos que dan cuenta no solo de procesos y resultados anclados en **épocas** específicas e influenciados por protagonismos de diversas escuelas de pensamiento como: el iusnaturalismo, el Derecho indiano, la escuela histórica, la codificación, el positivismo jurídico, las teorías críticas, entre otras. De la misma manera, el impacto de momentos históricos acaecidos en otros continentes ha trascendido al mundo entero, transformando el devenir de todos los pueblos.

Así ocurrió, por ejemplo, con la Revolución Industrial, con la Ilustración y con otros tantos fenómenos de contenidos económico, político, religioso que marcaron la construcción histórica latinoamericana e, inclusive, los trasplantes de normas del antiguo continente al nuestro; concretamente en codificaciones y formas de concebir el Derecho. En la práctica, los efectos de lo dicho continúan dejando una profunda huella en la realidad nacional, a la cual le es propia una lectura bajo las vicisitudes que involucran el desarrollo de cada generación y de los profesionales del Derecho.

Las principales tendencias del Derecho, aclimatadas en nuestra realidad nacional contemporánea, son: el positivismo jurídico y las teorías críticas del Derecho. A despecho de estas **últimas** (de poca resonancia aun en múltiples escenarios jurídicos locales), se aprecia la persistencia de un dogmatismo jurídico ajeno a la realidad social y poco proclive a los devenires actuales de la pedagogía y de la investigación.

De una parte, la investigación y la implementación de nuevas tecnologías como medio indispensable para el aprendizaje constituyen el eje transversal en el correcto desarrollo y construcción de los profesionales en la actualidad; incluyendo, como es obvio, a los procedentes del Derecho. De otra parte, es de vital importancia la modificación de prácticas tendientes a la discriminación o que ocasionen disparidad ocasionada por los Estados, así como también es necesaria la garantía del derecho al acceso a una educación superior de calidad que estos ofrecen.

Todo ello contribuirá a que los profesionales desarrollen su máximo de capacidades y, de manera simultánea, construyan conocimiento para el propio beneficio de la humanidad y la protección de los recursos naturales.

En cuanto a la formación jurídica en España, a pesar de las diferencias locales entre España, Italia y Francia, el Proceso de Bolonia ha permitido establecer un sistema de créditos bastante homogéneo, que se basa en una formación inicial (entre tres y cuatro años) y otra de profundización (de dos años). En cualquier caso, la formación inicial no supera los cuatro años. Este breve estudio comparativo puede ser un ejemplo válido en el momento de justificar un periodo de formación inicial más breve, tendiente a brindar al estudiante las herramientas teóricas y metodológicas fundamentales que habrán de desarrollarse luego en el nivel de profundización de las especializaciones y maestrías.

En lo que se refiere a la enseñanza del Derecho en Latinoamérica, específicamente en países como Colombia, Perú y México, se mantiene la estructura tradicional del Derecho; es decir, el estudio obligatorio de las **áreas** que se consideran que todo alumno y profesional del Derecho debe conocer: Derecho privado, p**ú**blico, romano, procesal, penal y laboral; y esto se ve reflejado en los distintos

planes de estudio de las Facultades de Derecho de las universidades que fueron materia de esta investigación.

Muchas facultades de los diferentes países en mención se han visto obligadas a modificar su plan de estudio para adaptarlo a las nuevas realidades sociales, nacionales e internacionales, y así formar profesionales capaces de responder a los desafíos que plantea la globalización del conocimiento.

Finalmente, en cuanto a los cambios que han implementado muchas facultades, está incluir en su plan de estudio el idioma inglés como una materia más.

Referencias bibliográficas

Ander Egg, E. (1995). *Técnicas de investigación social*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Lumen.

Bernal Gómez, Beatriz (2010). *Historia del Derecho.* México: UNAM/Nostra Ediciones.

Biermann, E. (1992). *Metodología de la investigación y del trabajo científico*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

Blanco González, Antonio *et al.* (1999). *Filosofía del Derecho: las concepciones jurídicas a través de la historia.* Madrid: UNED.

Figueroa Camacho, Tania Milena (2011). *La enseñanza del Derecho: más allá del formalismo.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

García Villegas, Mauricio. "Apuntes sobre codificación y costumbre en la historia del Derecho colombiano". En: *Precedente: Revista Jurídica.* Medellín.

López Segrera, Francisco. Abrir, impensar y redimensionar las Ciencias Sociales en América Latina y el Caribe. ¿Es posible una ciencia social no eurocéntrica en nuestra región? Biblioteca virtual de Ciencias Sociales de América Latina y el Caribe, de la red de centros miembros de Clacso. Recuperado de: http://www.clacso.org.ar/biblioteca

Peñuelas, Lluís (1997). *La docencia y el aprendizaje del Derecho en España. Una perspectiva de Derecho comparado*. Madrid: Marcial Pons.

Serna, José María (2003). *Apuntes sobre las opciones de cambio en la metodología de la enseñanza del Derecho en México*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Unesco (1998). Conferencia mundial sobre la educación superior: la educación superior en el siglo XXI. Visión y acción. París. Recuperado de: http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345s.pdf

Unesco (1990). Declaración mundial sobre educación para todos y marco de acción para satisfacer las necesidades de aprendizaje. Jomtien (Tailandia). Recuperado de: http://www.unesco.org/education/pdf/JOMTIE_S.PDF

Unesco (2016). La educación al servicio de los pueblos y el planeta: creación de futuros sostenibles para todos. París. Recuperado de: http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002457/245745s.pdf

Vargas, J. Guadalupe (2005). Análisis de fundamentos de la Teoría Institucionalista. En: *Revista Digital Universitaria*, vol. 6, N.o 8, pp. 2-21. México: Universidad Autónoma de México.

Witker, Jorge (1985). *Técnicas de la enseñanza del Derecho* (4.ª ed.). México: UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas-Editorial PAC.

Otros títulos de la Serie DIARIO DE CAMPO

- Los avances investigativos y su incidencia en la formación científica, tecnológica y artística
- Caminos seguidos y no seguidos de la investigación científica en la Educación Superior
- La investigación y sus resultados: indicadores de procesos dinámicos en la educación superior
- Manifestación investigativa de saberes disciplinares en el siglo XXI
- Desafíos de investigación en el siglo XXI
- La investigación a la vanguardia del siglo XXI: procesos y resultados investigativos desde la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
- Investigación sostenible. Siglo XXI
- Investigación, innovación, ciencia y tecnología. Siglo XXI

ISBN: 978 - 958 - 8359
9 789588 359830

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
SELLO EDITORIAL