

Jóvenes Investigadores

MANUEL HUMBERTO RESTREPO DOMÍNGUEZ
Coordinador



Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Tunja
2010

Jóvenes investigadores / coordinador Manuel Humberto Restrepo Domínguez. – Tunja: Uptc, 2010.
238 p.: il. – (Colección investigación Uptc, no. 33.
Serie jóvenes investigadores; no.1
Incluye bibliografía – ISBN 978-958-660-157-9

1. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Investigaciones.– I. Restrepo Domínguez, Manuel Humberto, coord. – II. Tit. – III. Ser.
CDD 378.072/R313

Primera edición, 2010
300 ejemplares

Jóvenes Investigadores

ISBN 978-958-660-157-9

Colección investigación Uptc; no.33; Serie jóvenes investigadores; no.1

- © Manuel Humberto Restrepo Domínguez, coord.
- © De cada título su autor
- © Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Alfonso López Díaz, Rector
Wilson Alcides Valenzuela Pérez, Vicerrector Académico
Manuel Humberto Restrepo D., Director de Investigaciones

Resultado de los proyectos desarrollados durante su estancia como Jóvenes Investigadores/as.

Coordinación editorial: Yolanda Romero A.
Corrección de Estilo: Luis Enrique Clavijo M.

Libro financiado por la Dirección de Investigaciones de la Uptc.

Se permite la reproducción total o parcial, citando siempre la fuente.

Impresión:

Grupo Imprenta y Publicaciones - UPTC
Coordinador: Pablo Alejandro Sánchez P.
Avenida Central del Norte
imprenta.publicaciones@uptc.edu.co
Tels.: (0*8) 7422174/76 Ext.: 1530
Tunja, Boyacá - Colombia

Presentación

La bonita tarea del/la joven investigador/a

Ser joven en el siglo XXI, aparte de nuevas miradas para construir mundos, ofrece la oportunidad de encontrar múltiples caminos para realizarse como ser humano. Una de ellas dentro de un contexto de dificultades y desesperanzas provocadas en el marco del conflictivo contexto que vivimos está en la bonita tarea de ser Joven Investigador/a, que consiste en la calidad asumida por quien cumple las condiciones de haber terminado una carrera universitaria, pertenecer a un grupo de investigación y tener hasta 26 años de edad, y estar vinculado con una beca, a costa bien de la universidad o en cofinanciación con Colciencias. Su compromiso es desarrollar durante un año, que puede ser prorrogable, actividades de formación y trabajo como investigador/a. El/la joven responde a unas tareas que incluyen la elaboración de un artículo publicable, el cual se convertirá en la puerta de entrada al mundo de la ciencia.

Con el ánimo de poner en evidencia lo que hacen los jóvenes se presenta el primer volumen de esta colección, que representa un texto colectivo resultado del pensar-hacer de algunos de los jóvenes investigadores/as adscritos a los grupos de investigación de la UPTC. La construcción de este volumen implica que se crearon unas condiciones de confianza y reconocimiento institucional a la labor de los jóvenes quienes representan una de las más significativas fortalezas en el proceso de formación investigadora y de ejecución de la investigación. El trabajo de los jóvenes contribuye a aumentar y perfeccionar la capacidad tanto teórica como práctica de los grupos, a la vez que aporta nuevas dinámicas e iniciativas de realización de proyectos, de temas y de modos de vinculación con comunidades y grupos sociales.

Para la universidad los jóvenes investigadores/as constituyen un colectivo de creación, transformación y producción de conocimiento. De dicho colectivo, como equipo de trabajo en el interior de los grupos, se espera, ante todo, que profundice su formación de segunda fase, posterior a la de semilleros de investigación, que es el momento inicial para adentrarse en el reconocimiento del sentido, del significado y de los modos de investigación. La formación investigadora del/la joven involucra las potencialidades de resolución de problemas metodológicos y conceptuales de un campo temático que lo habilita para formularse interrogantes, le potencia sus capacidades para enfrentar los ya construidos y avanzar en la interpretación de éstos apoyados en teorías específicas.

Un/a joven investigador/a ocupa un lugar preponderante en el ámbito laboral, abre una puerta de esperanza a la labor investigativa en campo profesional y de reconocimiento académico privilegiado. Para muchos se convierte en su primer empleo y qué mejor posibilidad que ésta de estar dedicado/a a la lectura de una parte del mundo a través de teorías, de conceptos, de aplicaciones y de ensayos permanentes que producen resultados.

Las políticas públicas no ofrecen mayores garantías a los jóvenes y es ahí donde ser joven investigador/a se convierte en opción privilegiada, máxime cuando el lugar de trabajo es la universidad, en nuestro caso en una universidad pública de carácter nacional, en donde la investigación y sus resultados contribuyen a enriquecer el patrimonio de la nación.

Este aporte de los jóvenes, expuesto en la *Colección de jóvenes investigadores/as*, hace parte de la realización de las políticas académicas de la universidad, en lo que corresponde al fomento de la investigación. Para la Dirección de Investigaciones (DIN) apoyar los procesos de divulgación y difusión de los resultados del esfuerzo investigativo de los jóvenes es un paso adelante en lo que somos y hacemos respecto a transformar o crear conocimiento. Dentro de cada texto de los jóvenes hay una síntesis del trabajo de los grupos de investigación, allí está la generosidad del profesorado que investiga y hace la tutoría y acompañamiento al joven investigador/a, está la participación de los semilleros y la presencia de la universidad como un todo que posibilita y facilita el ejercicio de investigar.

Esta colección de jóvenes es una muestra de la universidad que tenemos, en la que se conjuga lo disciplinar con lo interdisciplinar, lo social con lo físico, la Economía con la Biología, la Química con la Ingeniería, la Filosofía con el ser humano concreto y contextualizado. La colección es un conjunto de textos de investigación de los jóvenes para la sociedad y de la universidad para sus pares académicos y científicos.

La Dirección de la universidad, la DIN y demás actores de la investigación ofrecemos una felicitación y gratitud a los/las jóvenes que con sus escritos alientan a los semilleros y fortalecen en general la investigación, demostrando con sus escritos que la labor investigativa es una bonita actividad que produce muchas alegrías.

Manuel Humberto Restrepo Domínguez, Ph.D.
Director de Investigaciones
UPTC, julio de 2010

Tabla de Contenido

Presentación	3
¿Qué significa Investigar? Las representaciones sociales: -un camino para revelar los colores de nuestra cultura investigativa-	7
Aproximación al concepto de gestión del conocimiento: la experiencia de formación de jóvenes investigadoras en enfermería	19
Extracción y tratamiento enzimático del almidón de papa, para la obtención de jarabes de glucosa y fructosa	55
“Hidrogenación catalítica de aldehídos A,B-insaturados”	67
Genotoxicidad por consumo de cigarrillo en un grupo de fumadores de Tunja (Boyacá) ..	87
Aislamiento de cepas nativas de <i>bacillus thuringiensis</i> en Boyacá	97
Lista anotada de algunas angiospermas del Parque Nacional Natural El Cocuy, Boyacá-Colombia	113
Zonificación ambiental preliminar del Corredor de Páramo y Bosque Alto Andino Iguaque–La Rusia–Guantiva, departamentos de Boyacá y Santander	127
Concurso de recolección de adultos de <i>Premnotrypes vorax</i> , una alternativa en extensión y disminución de poblaciones	147
Perspectivas del beneficio y aplicación del mineral de Diatomitas en el departamento de Boyacá	155
Caracterización superficial de recubrimientos obtenidos por sol-gel	177

La planeación estratégica herramienta para el fortalecimiento de la competitividad:
el caso de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia de
Tunadma 189

Análisis Socioeconómico del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la
UPTC periodo 1996-2008. "Economía de la Cultura en los Museos de la
UPTC" 207

¿Qué significa investigar? Las representaciones sociales: -un camino para revelar los colores de nuestra cultura investigativa-

CAROL ANDREA RUIZ BARAJAS*

* Diseñadora Industrial - Joven Investigadora, 2009
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación para la Animación Cultural "Muisuata"
carol.andrea.ruiz@gmail.com

** Nohora Elizabeth Alfonso Bernal - Tutora
Coordinadora Grupo de Investigación "Muisuata"

Introducción

El siguiente artículo se constituye en una introducción al proyecto ¿Qué significa investigar? Un acercamiento a la cultura investigativa desde las representaciones sociales en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Seccional Duitama- en el cual se exponen algunos de los interrogantes iniciales que le han dado vida al proyecto.

En un primer escenario, se exponen los elementos conceptuales y metodológicos, y se recrea el concepto de: Universidad/Espacio; el cual hace alusión a la condición multidimensional en la que se hace presente, fluye y se contextualiza el sentido de la investigación universitaria. Paralelamente, se desarrolla otro escenario: físico y conceptual de la universidad, dibujando - la cartografía sobre la cual el proyecto se aventura a explorar, orientado por la pregunta: ¿Qué es investigar?, desde donde se abordan las representaciones sociales de la comunidad universitaria en un recorrido estético -visual y narrativo- del acercamiento a su mundo representacional.

En la navegación por los diversos escenarios que componen el proyecto, se socializan algunas reflexiones y nuevos interrogantes surgidos en las primeras etapas de desarrollo de la investigación y se proyecta -un despliegue de colores, caminos, intersecciones e incertidumbres-

Repensar la investigación

Este proyecto nace desde una propuesta del Grupo de Investigación “Muisuata” de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, enmarcada en la línea: *Cultura Investigativa y Procesos de Formación*, que tiene como objetivo caracterizar y comprender la cultura emergente de los procesos de formación en investigación desde las representaciones sociales, además de estudiar las prácticas pedagógicas en los diversos escenarios educativos y su relación con el entorno. Es así, que compartimos que la *investigación* es un proceso imprescindible en la tarea de formación de la universidad y por lo tanto, la formación en investigación es una actividad que requiere nuestra atención y estudio, en un contexto pedagógico que requiere de múltiples transformaciones, de colores, aromas y horizontes que propicien un “reencantamiento”¹ de nuestras instituciones educativas, de la investigación... ¿del mundo mismo?

¹ Retomando la palabra en alusión a la obra de Paulo Freire.



¿Qué es investigar?
Dibujo estudiante, Diseño Industrial,
UPTC 2009 Duitama

Somos partícipes de grandes cambios en el pensamiento humano, generados por las revoluciones propiciadas en el desarrollo de internet, las telecomunicaciones y las ciencias, las cuales diluyen el paradigma de las fronteras, de un mundo en esencia hiperconectado, por ejemplo con una red de internet desde lo tecnológico, o con una red de pensamiento desde las teorías del caos o la complejidad². Estas dinámicas, moldean los sistemas económicos, culturales y educativos de las “Nuevas sociedades”³ que se abren paso en nuestro tiempo. Es en este contexto donde nos preguntamos: ¿cómo formar en investigación desde una mirada de lo local? y a su vez, conseguir ese equilibrio entre la educación intercultural y la creciente importancia que toma en nuestra época la información y generación de nuevos conocimientos.

El Lenguaje

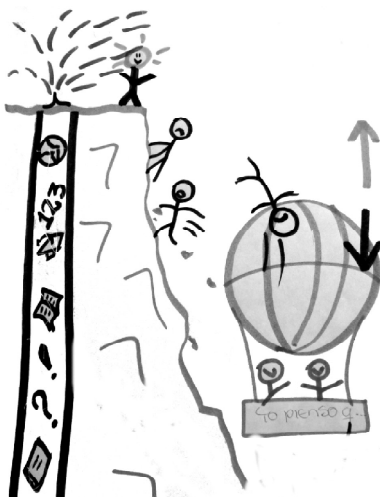
La forma de redefinirnos a nosotros y a los otros a través del lenguaje, de la conversación, es fundamental para el futuro de esta nueva cultura que estamos

² La noción de ser humano es reelaborada desde los impulsos replicados desde la microfísica, donde las propiedades de algunos sistemas dinámicos (compuestos por varias partes interconectadas cuyos vínculos entre ellas contienen información adicional y oculta al observador) generan movimientos impredecibles, tendencia al desequilibrio y la autoorganización.

³ Respalda las reflexiones en torno a la pluralidad de la noción de “sociedades”, como el reconocimiento de la heterogeneidad y diversidad de las sociedades humanas. Lo cual implica en palabras de Susan Bunch (2005) “reafirmar el interés de que cada sociedad se apropie de las tecnologías para sus prioridades particulares de desarrollo y no que deba adaptarse a ellas para poder ser parte de una supuesta sociedad de la información predefinida”. (p. 34).

forjando y también para las relaciones mismas. Cambiando el lenguaje construimos nuevas formas de interacción social y con esto formamos nuevas maneras de ser, de comprender cómo nos relacionamos, quiénes somos y para qué estamos en este mundo. (Reich, Susi, 2000)

A través del lenguaje no solo se recrea -se construye- el mundo del sentido, la urdimbre de subjetividades sociales que se mueven a través de los diversos planos, de pensamiento, de acción, de geometría... Austin, T (2007) haciendo referencia al segundo momento del filósofo Wittgenstein (1889-1951) acerca del lugar del lenguaje en la vida humana, describe que: "es en la vida cotidiana donde deben buscarse los significados que adquieren las palabras en la forma que un grupo particular de hablantes las usa (...). El significado de las palabras es comprendido dentro los juegos de lenguaje de la comunidad a la que pertenecen y donde se los usa en forma práctica". (p.10).



¿Qué es la investigación?

Dibujo estudiante Administración Turística y Hotelera
UPTC 2009 Duitama

Es en este sentido, en el que las "Representaciones Sociales", como las imágenes dinámicas; que como lo resalta Moscovici (1979) "son entidades casi tangibles (...) circulan, se cruzan y se cristalizan sin cesar en nuestro universo cotidiano, a través de una palabra, un gesto un encuentro" (p.2), alimentan el repertorio lingüístico de las construcciones de la realidad, latentes en las opiniones, informaciones, las

creencias o valores construidas y compartidas por los grupos sociales, siguiendo con Moscovici: “hacen que el mundo sea lo que pensamos que es o que debe ser” (p. 39), por lo tanto, identificarlas es la oportunidad de enfrentarnos a estereotipos, imágenes, creencias o a los asomos de nuevas formas de reconfigurar la realidad.

¿Qué es investigar? Es sorprendente, como al hacer esta pregunta, relacionada al sentido de una actividad tan renombrada en nuestro contexto universitario se revela la multiplicidad de formas de pensarla, valorarla y practicarla. Esta naturaleza cambiante y polivalente, no solo de la investigación, sino del lenguaje mismo, motiva a que nos preguntemos por las fuerzas que provocan estas transformaciones, por esas formas de percibir y habitar un concepto que a la vez podría ser una actitud, una actividad o una política.

La universidad, tal vez sea uno de los espacios en el que se hacen más visibles las fuerzas económicas, culturales, políticas y científicas que vienen construyendo las formas de pensar el mundo, formas con diversos grados de influencia y que validan los paradigmas desde los cuales se propicia la generación de conocimiento, en los que vendrán a ser, quienes propongan y modelen el desarrollo de las naciones. Sin embargo, esta ambiciosa tarea de formación no está delimitada solo a lo que se vive o lo que da la universidad, es el resultado de la suma de todos los procesos de formación de la vida de sus estudiantes o docentes en lo académico, lo familiar, lo cultural o hasta en lo biológico, y como todo sistema complejo, es mucho más que la suma de todos los factores que podrían hacerse presentes. La universidad así, es un laboratorio a cielo abierto, y al ser la investigación uno de sus pilares fundamentales, es el espacio de exploración con más riqueza de sentidos para sumergirnos en la tarea de recuperar y evidenciar los matices que la investigación toma frente y a partir de nosotros.

Son muchas las estrategias que se vienen planteando para que la investigación se convierta en una actividad más extendida y productiva en las universidades y sobre todo, que esta se haga más tangible y comprometida con el desarrollo de las regiones. En Colombia, la actual Política Nacional de fomento a la Investigación y la Innovación “Colombia construye y siembra futuro”, plantea como una de sus estrategias centrales el apoyo a la formación de recurso humano, el cual “estará orientado, primordialmente, a fortalecer el desarrollo de las áreas prioritarias de acuerdo con la política y los planes de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología (PNCyT)”. (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2008, p. 37).

El fomento del recurso humano para la investigación, representa un reto para las instituciones educativas del país, por un lado, sigue siendo un problema la falta de recursos económicos que aseguren unas condiciones propicias para el desarrollo de la actividad científica en la mayoría de estudiantes e investigadores, por otro lado, la investigación es tomada como sinónimo de "calidad", lo que genera nuevas interpretaciones y prácticas en torno al concepto de una actividad que ha estado estrechamente ligada a la noción de educación, es así, que la investigación toma cada vez más fuerza, se relaciona con nuevos escenarios y propicia el encuentro de diferentes formas de verla.

Heno (2005), gerente de contenido del portal UNIVERSIA, resalta como obstáculos de la formación de la cultura investigativa en el país, la descontextualización de la enseñanza de la investigación, la falta de políticas que la fomenten y la desarticulación de las funciones de docencia y extensión con la misma.

La manifiesta tensión entre la disposición y presión que las universidades afrontan para hacer investigación, viene a agudizarse cuando consideramos que la práctica académica está mediada por políticas económicas que aceleran cambios curriculares, administrativos y pedagógicos, Rajani Naidoo (2008) desde el análisis de la universidad Británica, señala como: "las presiones de la mercantilización de la educación superior pueden actuar en conjunto con otras políticas gubernamentales actuales para modificar la forma y estructura de la docencia e investigación (...) este fenómeno, genera a su vez que se presione para que se integre el trabajo académico en la economía industrial" (p. 49).

Es claro, que la universidad como espacio de formación, debe propender a vincular los saberes de la investigación al entorno social y dentro de éste propiciar esa transferencia de ciencia y tecnología al sector productivo, siguiendo a Rajani (2008): una de las consecuencias de la introducción de las fuerzas de mercado en la educación superior, es que la noción de investigación en tanto que proceso de generación de conocimiento se ha visto algo eclipsada por el potencial del conocimiento para generar rentabilidad económica (p. 49), estas circunstancias, en las que se privilegia la función económica del conocimiento, genera cierta prevención al sentir valorado y restringido el campo de la investigación a una sola dimensión, desconociendo ciertos grados de libertad y de movilidad que también deben protegerse en los espacios universitarios.



¿Cómo le gustaría que fuera la investigación?
Dibujo estudiante UPTC 2009 Duitama
La investigación: los colores.

Es así, que contemplamos que los sentidos que toma la concepción de la *investigación* se encuentran estrechamente ligados a las vivencias que se manifiestan desde la cotidianidad universitaria, donde grupos de investigación, semilleros, estudiantes, van creando, fortaleciendo o desmitificando las ideas que le dan vida y determinan la disposición de estudiantes o docentes a involucrarse y hacer parte activa y dinamizadora de la cultura investigadora, por lo tanto, son estos encuentros los que le proporcionan color y organicidad.

La universidad es un escenario que convoca múltiples espacios donde interactúan diversidad de grupos sociales, estos espacios no son siempre los mismos, unos aparecen o desaparecen, en algún momento unos son más extensos o más reducidos, también se combinan se superponen o se repelen recreando el juego y la dinámica orgánica de la universidad, Barnett (2008) lo define como una arquitectura propia: “donde las actividades adoptan unas formas y configuran unos patrones sujetos a cambios constantes” (p. 15), por consiguiente, podríamos deducir que cada universidad personifica un espacio en cierta medida autentico, considerando las diferencias demográficas o culturales, que pudieran marcar ciertas formas de identidad, pero como lo señalábamos al comienzo, también existen puntos de convergencia y de similitud dentro de un macro contexto. Es así que en la universidad, paralelo a lo rigurosamente académico, la comunidad universitaria representada en los roles de investigadores, estudiantes, profesores o visitantes, construyen las interacciones u

horizontes de sentido que le dan vida a la diversidad de espacios –habitándolos- y como un juego de luces intermitentes se apagan o encienden.

Es en este sentido en el que toma fuerza y pertinencia el estudio de las representaciones sociales, ya que ellas permiten vislumbrar la dinámica de la construcción social del conocimiento, en la medida en que hacen evidente su estructura conceptual, e identifican las circunstancias en las cuales se presentan y rescatan del entorno social los saberes cotidianos que posibilitan la interacción, la comunicación y la práctica. Las representaciones sociales se basan en la metáfora del sujeto como “actor” de la vida cotidiana y prestan interés en el contexto que da origen a la representación, al igual que al orden simbólico de la cultura propia: “conceptos sociales como conjuntos de informaciones transmitidos social e históricamente, reelaborados por la interacción entre individuos y grupos y reconstruirlos por los participantes sociales en base de la experiencia”. (Silvana De la Rosa, 2006)

Estudiar la cultura investigativa desde las representaciones sociales, es un llamado a rescatar del entorno social el sentido de la investigación, un entorno cada vez más amplio, que aunque no ha estado totalmente legitimizado, sabemos que es en la cotidianidad donde no solo se genera conocimiento, sino se genera las formas de valorar ese conocimiento, al respecto Henao (2005) resalta como: “Producir conocimiento se ha convertido en parte de la razón de ser de la existencia de la institución universitaria y la investigación es el medio para realizarlo. Investigar ya no es función exclusiva de los laboratorios o grupos de investigación. Investigar es recuperar la capacidad de cuestionamiento, crítica y construcción de conocimiento en el aula de clase, en la biblioteca, en el seminario, en el trabajo, y en el permanente contacto con la sociedad y sus realidades”. (5)

Las imágenes de la investigación

La teoría de las representaciones sociales busca recoger la imagen simbólica de la realidad, atendiendo a la diversidad de formas de expresarla, la más recurrente en el estudio es la relacionada con el *pensamiento verbal/textual* y otra que recientemente viene entrando en juego es la del *pensamiento visual*, reclamada por De la Rosa (2006): “necesitamos trabajar más en las dimensiones imaginativas (o de la imagen mental, como lo dirían los psicoanalistas) de las representaciones sociales, en lugar de enfocarnos de forma descriptiva reduciendo la investigación a mostrar lo que ya es evidente”. (p. 110).

La imagen, se constituye en una fuente inagotable de percepciones sobre el mundo, la sociedad contemporánea atraviesa un momento en el que nos encontramos expuestos a una infinidad de imágenes por segundo lo que ha posibilitado que las nuevas generaciones desarrollen otras formas de comunicación mediadas a través de internet donde se generan nuevos códigos de comunicación, como es el caso de los juegos visuales con los caracteres de un teclado, fotografías, videos, emoticones... construyendo un tipo de lenguaje basado en la hipertextualidad, lo que hace referencia a una composición no lineal, y que se vale de links o aplicaciones multimediales (video, chat, sonido, slide) para posibilitar el abordaje múltiples lecturas simultaneas, de forma compleja y espontánea.

Es así, que considerando el acercamiento que venimos realizando con este estudio de las representaciones sociales de la investigación, es indispensable considerar que nos enfrentamos a un contexto marcado por nuevas formas de expresión desde la imagen. La dimensión del pensamiento visual es un terreno que constantemente está enriquecido, en contraste a otras formas de expresión desde lo verbal/textual. Esta circunstancia, hace que busquemos resaltar un especial énfasis en la imagen, ya que esta es una forma de reproducir la dimensión simbólica en las representaciones sociales.



¿What it is?

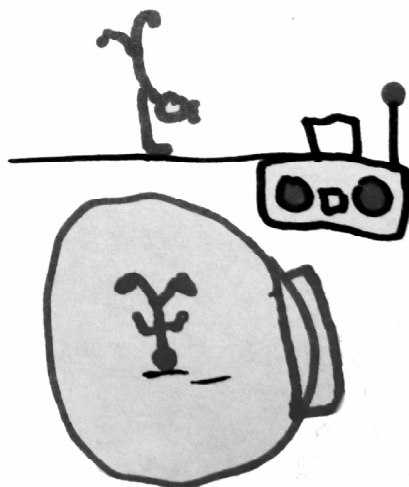
La *investigación*, como un fenómeno cultural, atraviesa diversos campos de pensamiento y acción. Después de realizar algunas pruebas piloto con los instrumentos de recolección de información (entrevistas a profundidad semiestructuradas) hemos planteado los siguientes campos y direcciones para orientar el estudio: el de la actitud, el de la práctica y el de la política. *La actitud*, busca develar las formas en que la comunidad concibe la investigación a través de una categoría de forma de vida, como un proceso intrínseco a la naturaleza humana, *la practica* hace relación a la naturaleza de las motivaciones y de las percepciones colectivas e individuales de la dinámica emergente al trabajo de los grupos de investigación, y la tercera: *la política*, estudiada a través del contraste de las políticas que la universidad viene implementando con la práctica y valoración que cada escuela le otorga a la investigación dentro de sus planes curriculares.



“Una Mirada a la Investigación”⁴
Autora: María Fernanda Riaño

⁴ Este proyecto liderado por la semillera de investigación, hace una exploración de los ojos de los estudiantes a los cuales entrevista, buscando una “firma” una “presencia”, de los entrevistados a través de sus miradas.

Esta primera fase, aun sin terminar, ha generado que dentro del proyecto se haya abierto un nuevo escenario: el de la *animación cultural*, como una actividad emergente las actividades desarrolladas, desde dos perspectivas, la primera orientada al grupo de semilleros e investigadores que hacen parte de la propuesta, buscando favorecer la mirada hermenéutica y la sensibilidad del estudio, a través de talleres de expresión visual y de conceptualización, la segunda surge como respuesta a las inquietudes que genera el proyecto en la comunidad universitaria a partir de las actividades de exploración que se realizan, esta busca encontrar las estrategias que puedan integrar a la comunidad con el espacio de la investigación, el cual para muchos aun es un terreno ajeno.



¿Cómo le gustaría que fuera la investigación?
Dibujo estudiante Administración de Empresas Agropecuarias
2008 UPTC Duitama

BIBLIOGRAFIA

- Alfonso, Nohora (2009). Practicas investigativas en la Educación. Un acercamiento desde las representaciones sociales. Tesis Doctoral, Rudecolombia-Universidad del Cauca.
- Alfonso, Nohora, Ruiz, Carol (2009) ¿Qué significa Investigar? Un acercamiento a la Cultura Investigativa desde las Representaciones sociales en la UPTC Seccional Duitama. Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia. Proyecto en construcción.
- Austin, Tomás (2007) El giro lingüístico del siglo XX, Recuperado el 10 de mayo de 2009 de <http://www.lapaginadelprofe.cl/girolinguistico/girolinguistico.htm>
- Barnett, Ronald (ED.) (2008). Para una transformación de la universidad. Editorial Octaedro.
- Burch, S. (comp.) (2005). Sociedad de la información y Sociedad del conocimiento. En A. Ambrosi ,V. Peugeot, D. Pimienta. (ed.), Palabras en Juego: Enfoques Multiculturales sobre las Sociedades de la Información. (pp) (Versión electrónica) <http://vecam.org/article697.html>. C&F Éditions.
- De la Rosa, Silvana (2006) ¿Por qué es importante?. Abudiz, Silvia Valencia (2006) (E.D) Representaciones sociales, alteridad, epistemología y movimientos sociales. Universidad de Guadalajara.
- Henao, Myriam (2005) El papel de la investigación en la formación universitaria. Recuperado el 10 de enero de 2008. <http://www.universia.net.co/docentes/articulos-de-educacion-superior/el-papel-de-la-investigacion-en-la-formacion-universitaria.html>
- Melich, Joan-Carles (1996), Antropología simbólica y acción educativa: Paidós Ediciones.
- Moscovici, Serge (1979). El psicoanálisis, su imagen, su público. Avemul S.A. Buenos Aires.
- Naidoo, Rajani (2008) Las universidades y el mercado: distorsiones en la investigación y la docencia. Barnett, Ronald (Ed.) para una transformación de la universidad. Editorial Octaedro
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2009).Indicadores de Ciencia y Tecnología. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2009. Recuperado el 10 abril de: <http://www.ocyt.org.co>
- Rowland, Stephen (2008). El amor intelectual y la relación entre la investigación y la docencia. Barnett, Ronald (Ed.) para una transformación de la universidad. Editorial Octaedro.

Aproximación al concepto de gestión del conocimiento: la experiencia de formación de jóvenes investigadoras en enfermería

LORENA MESA MELGAREJO *
SOLANYE GALINDO HUERTAS **
MARÍA NUBIA ROMERO BALLÉN ***

* Enfermera - Joven Investigadora, 2008-2009

** Enfermera - Joven Investigadora, 2009
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo Exclusiones y Resistencias en el Cuidado de la Salud, Gercus.
Programa de Formación de Líderes en Gestión del Conocimiento: Fundación Index-Gercus

*** Enfermera - Docente Investigadora, Coordinadora Grupo de Investigación Gercus - Tutora
gercusuptc@gmail.com

Resumen

Hablar de gestión de conocimiento nos obliga revisar cómo y desde dónde surge el conocimiento científico; por lo tanto, la mirada se centra de manera inicial en las universidades, espacios donde se ha desarrollado la tarea de generar ciencia útil para la sociedad. Las innegables crisis institucionales y financieras de las universidades, como expresión de las crisis del capitalismo neoliberal, generan contradicciones profundas entre el plano de la formación de talento humano para la ciencia y la tecnología y el potencial económico de los países; esta situación coincide con el desarrollo teórico de la gestión de conocimiento, por lo que se implementa como estrategia integrada a las organizaciones que esgrimen la venta y compra de servicios para mejorar su competitividad. Desde esta perspectiva y haciendo un recuento del concepto de *gestión del conocimiento* contextualizado en los desarrollos y reformas de la universidad en el país, este artículo centra su interés en reflexionar y exponer una propuesta alterna nacida desde la experiencia de gestionar el conocimiento en el campo disciplinar de enfermería, a partir de prácticas solidarias, comprensivas y cooperativas para producir, divulgar y transferir el conocimiento.

La complejidad de la gestión del conocimiento se ve reflejada en el hecho de que buscar, construir, significar y aplicar el conocimiento en torno a una determinada realidad, es en sí encontrarnos a nosotros mismos, pues es a nosotros a quienes descubrimos y es con nosotros mismos con quienes contamos (Morin, 1995)

La experiencia en el Programa de Formación de Líderes en Gestión del Conocimiento¹, convocado por la Fundación Index de Granada (España), en convenio con la Uptc, y coordinado por el Grupo de Investigaciones en Exclusiones y Resistencias en el Cuidado de la Salud (Gercus), de la Escuela de Enfermería², nos permite aprovechar esta oportunidad para compartir desde adentro, desde nosotras mismas, las reflexiones teóricas y prácticas que aviva esta experiencia para reencontrarnos con nuestra realidad.

Hablar de gestión de conocimiento nos obliga, en primer lugar, a revisar de manera rápida el papel que ha tenido el conocimiento en el siglo xx en las universidades, tanto públicas como privadas, y, a su vez, revisar cómo la generación de conocimiento, como proceso social, no ha sido ajena a las directrices de la banca mundial en este siglo xxi, y en segundo lugar, a confrontar el sentido de “gestión del conocimiento” y precisar desde cuál hablamos, para comprender qué está pasando en las universidades públicas en las que nos formamos y trabajamos. Esto con el fin de compartir en contexto la experiencia de la formación de líderes en gestión de conocimiento en cuidados de la salud y su impacto en la enfermería colombiana y latinoamericana.

1. LAS NECESARIAS CONFRONTACIONES

En la cultura occidental, desde el siglo xvii, el conocimiento científico se considera una combinación de los conceptos de conocimiento y ciencia mediados por el método científico; esta mediación fue imprescindible para que el conocimiento que se generaba en ese entonces no quedara excluido del estatus de conocimiento científico³; postura que aún se percibe en muchos discursos académicos en las universidades, que consideran que solo aquel conocimiento que es verificado por el método científico de las ciencias naturales es el que alcanza el estatus de ciencia, y que aquel conocimiento que surge de la experiencia y que interpela el mundo subjetivo y organiza sus datos a través de los métodos de la investigación cualitativa no tienen rigor científico.

El complejo camino de la producción de conocimiento se ha acompañado históricamente de ideas, métodos, normas y valores que han dado lugar a unas formas distintas de generar conocimientos y de controlar su producción, difusión y legitimación. En la cultura occidental se constituyó el *modelo newtoniano* de ciencia⁴, que sintetiza en lo cognitivo y social cuál es el problema significativo a indagar, quién puede practicar la ciencia y qué constituye la buena ciencia, y es a partir de estos criterios y reglas que se considera qué conocimiento es científico o no. Este paradigma de las ciencias físicas le sirvió también a Taylor para el desarrollo de la administración científica, en cuyos principios de la gestión están los de predecir, administrar y controlar⁵.

En este tipo de producción de conocimiento científico, las universidades han centrado la tarea de generar ciencia útil para la sociedad, aunque este conocimiento sea socialmente menos reflexivo, pues el "modo de producción característico de la investigación disciplinar ampliamente institucionalizada en las universidades"³ es el que se impuso y aún persiste y se caracteriza porque los problemas de indagación surgen en el contexto académico, pues son los investigadores los que lo determinan; el conocimiento, además de ser disciplinar, es homogéneo, organizativamente jerárquico y tiende a preservar su forma establecida en las normas y valores de la ciencia, porque sus miembros comparten objetivos de producción de conocimiento, tienen la misma formación y la misma cultura científica^{3, 4}, y de esta manera se legitima y se difunde el conocimiento en cada campo disciplinar. En este modo de producción de conocimiento los investigadores ponen a la sociedad como objeto de interpelación, y sus productos técnicos contribuyen al desarrollo tecnológico, además, se refrenda la producción social del conocimiento. Pero este modo de legitimar la producción de conocimiento logra profundizar la diferencia entre conocimientos científicos y otros tipos de producción de conocimientos y entre sociedad y universidad, porque, como afirma Sousa de Santos, "La universidad produce conocimiento que la sociedad aplica o no, por más que sea socialmente relevante, es indiferente o irrelevante para el conocimiento producido"³.

Bajo este modelo de producción de conocimiento de ciencia disciplinar^{3, 4}, las universidades del mundo rodaron su historia hasta el cierre del siglo xx, y la nuestra no está excluida de ello. Las políticas académicas e investigativas y de extensión o proyección social, los programas académicos, las líneas y grupos de investigación asumieron como horizonte de trabajo universitario ese estilo predominantemente unidisciplinar, bajo el cual se estructuraron los currículos, se organizaron las escuelas con la estructura académico-administrativa disciplinar y se han generado

conocimientos científicos y aportes a la sociedad mediante la triada docencia-investigación-extensión, aunque más fragmentada que articulada.

En este modelo de producción de conocimiento disciplinar, que caracterizó el aporte a la ciencia hasta finales del siglo xx, aunque predomina aún, se otorgó prioridad al conocimiento científico como bien público y por ello el Estado asumió la responsabilidad, en menor o mayor grado, sobre la financiación de la Universidad pública; se preservó, con todos los defectos sabidos, la autonomía universitaria, que era relativa por la dependencia financiera del Estado; la divulgación del pensamiento libre y crítico se resguardó a pesar de las grandes limitaciones de los gobiernos de facto, y se conservó con limitaciones el carácter público de las universidades a través de algunas políticas públicas.

Pero el fortalecimiento del capitalismo a través de las políticas neoliberales que dieron al traste con el Estado de Bienestar puso en crisis la Universidad y la producción de conocimientos. Sousa de Santos explica de manera extensa y precisa los tres tipos de crisis por las que pasan las universidades en el mundo a finales del siglo xx y que se mantienen vivas en este siglo y son: crisis institucional, crisis de hegemonía y crisis de legitimidad³. Estas crisis tienen importancia para comprender el desarrollo del concepto de gestión de conocimiento, ya que a través de estas se expresa el nuevo valor y sentido de la producción de conocimiento, su divulgación, su legitimidad y apropiación social.

La crisis institucional, para Sousa, es el eslabón más débil de la universidad pública, por su dependencia financiera del Estado, que perturbó e hirió su autonomía científica y pedagógica, impactando negativamente su sentido de bien público protegido por el Estado y buscando “la eliminación de la producción y divulgación del pensamiento libre y crítico, y poner la universidad al servicio de proyectos modernizantes autoritarios, abriendo al sector privado la producción del bien público de la universidad y obligando a la universidad pública a competir en condiciones desleales en el emergente mercado de los servicios universitarios”³. Para el caso de la educación universitaria en Colombia, la ley 30 del 92, en el marco de la Constitución de 1991, fue la encargada de legislar para abrir las puertas del mercado universitario al fomentar la producción de conocimientos y su traducción en acción productiva como un factor central para el desarrollo de un país⁶. Con ello se pretende la explotación comercial del conocimiento generado social y colectivamente porque “subyace a este primer embate del neoliberalismo la idea de que la universidad pública es irreformable (así como lo es el Estado) y que la verdadera alternativa está en la creación del mercado

universitario”³. Esta premisa pone a la producción de conocimiento científico, a su divulgación y legitimación en las fauces del sector privado, después de haberse desarrollado con recursos públicos. Esta pérdida de prioridad, en la política pública, en la defensa de la educación como bien público se extendió a otros sectores como el de salud. En Colombia, la ley 100 del 93 expresa muy bien lo que las políticas neoliberales en el campo de los servicios públicos buscan: mercantilizar el bien para ser usufructuado por el sector privado.

Para Fernando Lema,

Esta privatización tiene consecuencias en la generación del conocimiento. En primer lugar porque la selección temática es definida por el mercado, también porque su difusión es restringida por las medidas de protección de la propiedad intelectual, donde el conocimiento, cada vez más tecnológico, deja de ser patrimonio de la humanidad; como en el Siglo de las Luces, se asocia a un producto y su difusión es regulada por los intereses del mercado⁷.

En esta ruta privatizadora y mercantil del conocimiento surgió la sociedad del conocimiento, concepto que hace referencia a un cambio social en el que, según Drucker (citado por Karsten Krüger), el conocimiento sustituye al trabajo y es considerado principio estructurador de la sociedad moderna⁸: así, en la sociedad del conocimiento, o *nueva economía*, el conocimiento se convierte en capital cognitivo, y el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) lo consolida como un nuevo factor de producción básico para las diferentes organizaciones⁸. El conocimiento se convierte en la nueva propiedad privada de la empresa y su acumulación es determinante en la productividad; en este sentido, Gorz (citado por Krüger) considera que estamos no en una sociedad del conocimiento, sino en un ‘capitalismo del conocimiento’⁸. Esta sociedad del conocimiento genera nuevos riesgos de exclusión social que “están relacionados con el acceso a la información y al conocimiento, y con los efectos de la globalización socio-económica”⁸ para contextos desiguales y con profundas iniquidades sociales.

Aunque “en el concepto de ‘sociedad del conocimiento’ se proyecta la visión de que se puede alcanzar una mayor igualdad social a través de esfuerzos educativos y formativos”⁸, es evidente que existen expresiones de inequidad, desigualdad y exclusión social que ponen en duda esta visión. Una de las expresiones de inequidad social que confronta la llamada sociedad del conocimiento es que, en Colombia, con la crisis financiera del modelo neoliberal y la política de “seguridad democrática” del gobierno

de Álvaro Uribe, la inversión pública para el apoyo de la ciencia y la tecnología es mucho menor y mayor la inequidad en la distribución del gasto⁶, pues según lo proyectado para el 2009 el presupuesto del Ministerio de Defensa es 127 veces mayor que el presupuesto para ciencia y tecnología¹⁰, es evidente que “el gasto militar se ha disparado, llegando hoy a cerca del 6,5% del PIB”¹¹, mientras que “el gasto en I+D [investigación y desarrollo], como porcentaje del PIB, asciende a 0,53%”¹²; a pesar haberse duplicado el presupuesto para ciencia y tecnología de \$81.000 millones en el 2007 a \$160.000 millones en el 2008, según Colciencias⁹. Con esta precaria financiación, aunado a ella el bajo presupuesto interno que la mayoría de universidades públicas aplican para el desarrollo de ciencia y tecnología, se reconoce que “la mayor parte de la investigación científica, la difusión y la formación en ciencia en Colombia se realizan en la universidad”⁶; por ello es innegable la contribución de la universidad en la generación de conocimiento técnico-científico y en la formación de investigadores e investigadoras.

La crisis institucional y financiera de las universidades, como expresión de la crisis del capitalismo neoliberal, genera contradicciones profundas cuando se encuentra “un crecimiento de la mano de obra calificada ligada a la economía basada en el conocimiento y, por otro lado, al crecimiento explosivo de un empleo con bajísimo nivel de calificación”³. Contradicciones que marcan profundas diferencias entre el plano de la formación de talento humano para la ciencia y la tecnología y el potencial económico de los países; Lema lo refiere así: “Mientras que el conjunto de países de América Latina y El Caribe tiene menos de 150.000 investigadores, 3,5% del total de científicos del planeta; los EE.UU. se aproximan al millón, casi un cuarto del total mundial. De los 150 millones de personas que en el mundo participan en actividades científicas y tecnológicas, el 90% se concentra en los países de las siete naciones más industrializadas”⁷. Colombia, para el año 1994, representaba el 0,01% del potencial mundial para la investigación científica¹³, y para el año 2006, apenas el 0,45% de la población colombiana está dedicada a la investigación¹². Hoy “se inscriben formalmente alrededor de 38.000 personas en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de Colciencias; solo unos 1.200 son evaluados y reconocidos como investigadores de productividad”⁶, esto representa un bajo nivel de investigadores realmente activos en nuestro país y es un vivo reflejo de la inequidad presupuestal y financiera para el desarrollo de la producción de conocimiento científico.

A esta situación se agrega el reclutamiento global de profesionales preparados en países como el nuestro; esto se hace porque los profesionales no encuentran un retorno social digno de acuerdo con la inversión económica que la familia o el Estado

hacen en su proceso de formación; por ello “Las migraciones de personal altamente calificado constituyen una pérdida de conocimiento muy significativa para los países en desarrollo [...]. En los últimos cuarenta años, más de 1.200.000 profesionales de la región emigraron de los países de América Latina y el Caribe hacia los EE.UU., Canadá y el Reino Unido”⁷, lo que tiene un impacto negativo en indicadores de producción de ciencia y tecnología en el país, como lo vimos antes, pero no así para los países receptores de estos científicos.

2. EL ENCUENTRO CON LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

La creación de un “mercado universitario”, o una ‘*economía del conocimiento*’, expresado en la producción de conocimientos científicos, títulos, planes de estudio, entre otros, coincide con el desarrollo teórico de la gestión de conocimiento, como estrategia integrada a las organizaciones de cualquier tipo que esgrimen la venta y compra de servicios para mejorar su competitividad; ese concepto toma fuerza a finales del siglo xx, con una marcada visión económica y empresarial¹⁴. Este concepto de sociedad de conocimiento surge de articular productivamente los conceptos de *gestión empresarial* y *conocimiento generado en las universidades*, basándose en la premisa de que el uso del conocimiento científico permite a una organización o empresa ser más competente y competitiva en el mercado, ya que aumenta su producción¹⁵. El concepto de gestión emerge de las teorías de gerencia estratégica que se imponen con fuerza en el modelo neoliberal y se conjunta con el conocimiento; desde esta perspectiva, la gestión del conocimiento se concibe como “el conjunto de procesos y sistemas que permiten que el Capital Intelectual de una organización aumente de forma significativa, mediante la gestión de sus capacidades de resolución de problemas de forma eficiente (en el menor espacio de tiempo posible), con el objetivo final de generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo”¹⁶. Esta articulación de conceptos, bajo la perspectiva de la economía neoliberal, coadyuva el tránsito de una “sociedad industrial” a una “sociedad del conocimiento”¹⁷.

Este no es un tránsito lineal, sino que responde a los cambios sociales e históricos de la estructuración y consolidación del capitalismo. En la sociedad industrial el eje de los modos de producción está en la factoría¹⁸; luego la movilidad conceptual genera una sociedad de la información que considera “que la producción, la reproducción y la distribución de la información es el principio constitutivo”⁸; sin embargo, dicha información debe tener un medio de divulgación para que sea accesible y, por lo tanto, aprovechable; así surge la *sociedad de la red*, “cuya estructura social está construida en torno a redes de información a partir de la tecnología [...]

estructurada en Internet”¹⁸. Estos procesos abren el debate conceptual y práctico sobre lo que se ha de divulgar, si es simple información o conocimientos producto del rigor de la ciencia, esto contribuye a posicionar la sociedad del conocimiento que supone la superación del concepto de información por el de conocimiento y cuyo fundamento es el uso de la ciencia para la producción, pero una ciencia reflexiva y crítica.

Por lo anterior, es importante precisar las diferencias conceptuales y prácticas entre información y conocimiento, porque tienen implicaciones a la hora de definir si lo que se gestiona es la información o es el conocimiento. Según Tobón y Núñez, “La información es la retroalimentación que se obtiene en torno a una realidad, que es procesada por la mente humana y que se comparte en espacios sociales. El conocimiento, en cambio, es un conjunto de representaciones entrelazadas basadas en información, con análisis, síntesis, interpretación y argumentación en un determinado contexto, con significación y conciencia de sus interrelaciones”⁵. Para la academia y los y las hacedoras de conocimiento se infieren los alcances, compromisos éticos y la dinámica de cambio que ha de contener una gestión de conocimiento diferenciada de la simple información que no conlleva compromisos de orden social, ético, ni de derechos humanos. Estos conceptos diferenciados convocan a profundizar el papel de la universidad en el campo de la producción del conocimiento como bien público, que tiene que afrontar la contradicción emergente al estar sometida a la globalización mercantil que transforma el concepto social de bien público “en un amplio campo de valorización del capitalismo educativo”¹⁹ y obliga con ello a la universidad a buscar recursos económicos, haciendo alianzas estratégicas con las industrias, las empresas o cualquier otra institución del mercado del conocimiento.

El ideario de que el conocimiento es un fundamento básico para el mejoramiento de la productividad de la empresa del siglo XXI se expande rápidamente en el mundo globalizado, partiendo de que las capacidades intelectuales de los sujetos se han de dirigir hacia la innovación y mejoramiento de la calidad de los productos y servicios para responder de la mejor forma a las demandas del mercado¹⁷. Esta concepción mercantilista de los productos del conocimiento transforman a “la universidad, en su conjunto, en una empresa, una entidad que no produce solamente para el mercado, sino que produce en sí misma como mercado, como mercado de gestión universitaria, de planes de estudio, de diplomas, de formación docente, de evaluación de docentes y estudiantes”³. Con este giro paradigmático del sentido de la educación y del papel de las universidades públicas y privadas, el mundo empresarial encuentra en la gestión del conocimiento una herramienta capaz de aumentar el nivel competitivo y productivo

de la industria, de la empresa; entonces se promueve una “industria del conocimiento”, que “se mundializa de una manera profundamente desigual. La mundialización observada no es más que la de los mercados, la de la libertad de capitales para circular o invertir”⁷. Una industria del conocimiento orientada por una razón instrumental, a la “que sólo le preocupa la resolución de problemas técnicos, o de relaciones entre fines y medios”²⁰, razón que “llega a ser la condición de la *rentabilidad*”¹⁰, ya que el sujeto cognoscente y el conocimiento se reducen a un instrumento requerido para hacer posible el aumento de la productividad y posicionamiento en el mercado. Como afirma Sanabria, esta situación se convierte en un “comportamiento oportunista de los dueños de los medios de producción”²². Esta industria del conocimiento replica los elementos perversos del modelo económico capitalista: predomina la lógica de acumulación –producir por producir–²³, se incentivan los monopolios, se apropian de la producción social colectiva y se “convierte a las ciencias en la primera fuerza productiva”²⁴.

Al forzar el ingreso del conocimiento al mundo de las mercancías y encontrar una importante rentabilidad en su gestión, la llamada “sociedad del conocimiento” pervierte “el libre acceso, circulación y difusión del mismo en todas las naciones para facilitar su progreso económico y social”⁷ y se ven restringidas por el orden mercantil. En este camino se privilegian las grandes potencias industriales proclives al modelo capitalista, dueñas de los medios de producción y del mercado, en un mundo de competitividad sesgado por las desigualdades sociales y económicas. Veamos cómo lo describe Fernando Lemas:

Los países de la OCDE (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), disponiendo apenas del 19% de la población mundial, reciben el 58% de las inversiones extranjeras y producen el 71% de los intercambios mundiales de bienes y servicios. La brecha es aún más notoria en los productos tecnológicamente avanzados, como Internet, donde la distancia que separa los diferentes niveles de desarrollo es más significativa: el 91% de los usuarios de Internet reside en los países de la OCDE. Pero, además, el 93,3% de los usuarios de Internet se encuentran dentro del 20% más rico del planeta, mientras que solamente el 0,2% del 1/5 más pobre accede a estos servicios⁷.

A pesar de estas claras inequidades en el uso y beneficio de las TIC en el planeta, no podemos desconocer que han contribuido a que se incrementen las interacciones entre los investigadores, los académicos, los científicos y los lugares diversos de conocimientos, todo ello por la explosión en este modelo de intercomunicación que

habla por ahora de “un sistema socialmente distribuido de producción de conocimiento [...] el resultado es una red cuyos nódulos se extienden ahora por todo el globo y cuya conectividad crece a cada día que pasa”⁴. La sociedad del conocimiento deseable para estos *‘países de la periferia’* ha de estar impregnada de un compromiso por reparar las *‘fracturas de la memoria histórica’* en busca de una paz social, pero sobre todo como

desafío para realizar un nuevo contrato social en el cual la sociedad orientada a la cooperación y a la solidaridad pueda erradicar la pobreza y la exclusión social, poder incorporar las tecnologías telemáticas para reducir las asimetrías entre los niveles del saber y facilitar la educación a lo largo de toda la vida, para consolidar una democracia participativa que incorpore y proponga alternativas éticas a los problemas planteados por el mundo contemporáneo⁷.

El tema de la propiedad intelectual es otro tema relacionado con la gestión del conocimiento, la sociedad del conocimiento y el papel de los nuevos procesos de producción de conocimiento, enmarcados todos ellos en la profunda concepción de “economía del conocimiento”. Para Lema:

La actividad tecnológica, orientada con fines industriales, tiene una elevada importancia en la sociedad de mercado, y sus productos fueron siempre protegidos jurídicamente por las patentes de invención. La protección de la propiedad intelectual no es solamente un problema de dimensión económica, se extiende al ámbito ético y social. Pero es también una nueva forma de apropiarse del conocimiento y del patrimonio biológico de los países en desarrollo⁷.

El texto de Lema nos describe cómo la llamada “industria del conocimiento”, que prevalece en las relaciones universidad-empresa-sociedad, rompe con el sentido de conocimiento como patrimonio cultural, por su construcción social y propiedad colectiva, y encarna un concepto de propiedad privada exacerbada; por lo tanto, dificulta el desarrollo social de las naciones y sus pueblos en condiciones de equidad. Este concepto permea todas las instituciones que tienen que ver no solo con las formas de generación de conocimiento, sino con las que se encargan de gestionarlo para ponerlo al servicio o venta a los usuarios.

El sector salud no ha escapado a este modelo de “industria del conocimiento” que impulsó con fuerza el neoliberalismo, por ello hoy lo vemos cubierto por sectores

privados, públicos y entidades no gubernamentales; el negocio está centrado principalmente en todo lo relacionado con los sistemas y servicios de atención en los procesos de salud-enfermedad, por ello se afirma que “La salud es la mayor empresa del mundo contemporáneo. La actividad económica que genera la sanidad es la más importante dentro de nuestro mundo globalizado. [...] La mayor porción de la economía norteamericana por sector la constituye la salud”²⁵.

La revolución tecnológica llegó para articular la gestión de la salud con la gestión del conocimiento, que en los últimos años ha generado un mercado de la producción y difusión del conocimiento para dar respuestas rápidas y adecuadas a las demandas de información de profesionales y de pacientes¹⁴. En los años noventa se genera en el contexto internacional la creación de organizaciones dedicadas a compilar, organizar y divulgar el conocimiento generado y publicado en diferentes revistas científicas, con miras a lograr un posicionamiento de la gestión del conocimiento en salud, con sesgos economicistas; estas organizaciones se conocen hoy como bases de datos, como es el caso de MedLine-Pubmed y la empresa Thomson Scientific (JCR, SCI, SSCI, etc.), que se encargan, además, de la indexación, divulgación, evaluación y, por lo tanto, validación de la producción científica. Bases de datos que desconocen la producción en idiomas diferentes al inglés²⁶ y que monopoliza el saber, ya que sus normas para evaluar la calidad e impacto de la producción científica “se han impuesto como único medio para evaluar a profesionales de salud de los ámbitos de investigación, docencia y práctica asistencial”²⁷; además, nos convierten en consumidores compulsivos, muchas veces acríticos, de estos productos por considerarlos “*per se*” fuente de evidencias científicas, sin realizar las previas confrontaciones frente al uso pertinente que este conocimiento ha de tener.

Permitirnos una nueva visión de la educación superior en medio de la sociedad del conocimiento no es tarea fácil; la idea de hablar desde una nueva *epistemología de la gestión del conocimiento*⁴, que contrarreste la postura taylorista y que evolucione junto con la sociedad en la ruptura de paradigmas unidireccionales propuestos desde la concepción mercantilista, que lejos está de comprender la complejidad del ser, es empezar nuevamente a reconocer en la academia un tejido social capaz de movilizar distintas revoluciones: de pensamiento, de acción, de producción, de cambio. Es importante reflexionar sobre las posibilidades que tenemos, desde la formación universitaria y del conocimiento que allí se genera, de contra-argumentar y resistir a esa concepción mercantil de “industria de conocimiento” despojada de sentidos subjetivos y sociales y resignificarla, si se quiere, hacia una “industria social del conocimiento”. Una industria, si es así que debemos llamarla, pero que reivindique

lo social, lo humano y lo colectivo en los procesos de producción-construcción-divulgación del conocimiento, revalidando y fomentando la autoestima de la ciencia local, porque, como lo manifiesta Fals Borda, “Este desequilibrio no solamente se traduce en un poderoso instrumentario económico, apoyado por tecnologías cada vez más sofisticadas, sino también en un sistema político mundial dominado por aquellos países dueños de tales avances”²⁸. De igual forma, Fals consideró que los “paradigmas necesitan reflejar el contexto que los sustenta», para alcanzar autorreconocimiento e identidad en el posicionamiento global. Si la producción de conocimiento se hace reconociendo los contextos culturales de donde surgen, entonces sus marcos teóricos, que interpretan y explican las realidades que se indagan, han de retomar la diversa complejidad cultural, natural, social y política²⁸, que es de gran valor para América Latina a la hora de analizar y comprender cómo producimos y cómo nos relacionamos con el campo del saber.

Esta perspectiva que se desea para el desarrollo de la gestión del conocimiento encuentra identidad con los principios filosóficos y éticos de la enfermería que busca generar conocimiento propio para concebir y construir futuro desde las maneras particulares en que las personas y los colectivos sienten, viven y conducen sus procesos de salud-enfermedad, inmersos en sus contextos socioculturales. Es urgente reconocer que “el aprendizaje de la solidaridad, el análisis del pensamiento grupal, de la tolerancia, de la negociación, parecen ser las claves operativas para la sociedad”⁷.

Con este horizonte es posible pensar la gestión del conocimiento en el que “el conocimiento y la formación universitaria representan un bien social generado, transmitido y recreado en beneficio de las sociedades, es decir, el conocimiento reivindica su carácter de BIEN PÚBLICO”²⁹, donde la solidaridad y la cooperación sean sus premisas fundantes para “la promoción de alternativas de investigación, de formación, de extensión y de organización que apunten hacia la democratización del bien público universitario”³.

3. UNIVERSIDAD Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

En los primeros siglos del desarrollo de las ciencias, la producción del conocimiento se encontraba en manos exclusivamente de las universidades, de los expertos científicos, que ofrecían una comunicación unidireccional de sus resultados a la sociedad; recordemos que la sociedad era interpelada por los científicos, era objeto de investigación. La universidad es *paradigma institucional* del saber, porque es donde se “produce conocimiento, se imparte conocimiento y se [preserva] el

conocimiento”³⁰, y su responsabilidad social se mide por la formación de capital intelectual para generar aportes a la técnica, a la ciencia, a la tecnología, a las humanidades, al arte y a la filosofía, como productos de conocimientos aplicables a la sociedad. Estos campos de acción de la educación superior han tenido como clave esencial la búsqueda permanente de la pertinencia del conocimiento, de tal forma que exista una “coincidencia entre lo que las instituciones de educación superior hacen y lo que la sociedad espera de ellas”³¹, para que las universidades, mediante la generación de conocimiento, reivindiquen lo humano y lo social.

Sousa de Santos plantea que cuando se cambia el *paradigma institucional* de las universidades por el *paradigma empresarial*, se pone a las universidades, tanto públicas como privadas, a moverse por su “mercado educativo” y aceptar las exigencias globales del Banco Mundial para maximizar su rentabilidad³. Esto lleva a que las reformas de la educación superior en el mundo y en Colombia se adhieran al mercado. El sentido de estas reformas a la educación, que se orientan desde las políticas del Banco Mundial, se comprenden cuando se conoce el valor económico que representa el mercado de servicios educativos para el siglo XXI: “Las inversiones mundiales en educación ascienden a 2 billones de dólares, más del doble del mercado mundial del automóvil”³.

Frente a este potencial financiero, las universidades que viven y sienten las crisis institucionales, financieras y de legitimación, de que habla Sousa de Santos, emprendieron la tarea de reformar la academia para adaptarse a las nuevas exigencias de las políticas públicas y del mercado de servicios educativos como una estrategia de sobrevivencia. Las condiciones de vulnerabilidad con las que entra la universidad a competir con la industria del conocimiento no las favorece, especialmente por la pérdida de autonomía científica y pedagógica que les significa actuar bajo las reglas y la dinámica de este tipo de industria; esta situación crea como necesidad la gestión de sus productos (conocimientos científicos, áreas tecnológicas, diplomas, planes de estudio, etc.), entendiéndola como un “proceso de crear, planear, almacenar, gestionar y evaluar información”³²; para ello se ajustan las políticas académicas de investigación y proyección social, esta última llamada hoy “transferencia de conocimiento”, por las exigencias para reportar indicadores de calidad e impacto social.

Esta necesidad universitaria pone en confrontación y discusión dos conceptos: ¿Se reforman las universidades para hacer gestión de la información o gestión del conocimiento? Para Tobón y Núñez, “la gestión de la información consiste en buscar

y administrar datos de la realidad, mientras que la gestión del conocimiento se refiere a buscar y a administrar conocimiento con sentido crítico, contextualización en la sociedad y sentido de servicio a la comunidad”⁵. La imprecisión conceptual y práctica de estos dos conceptos estratégicos ha llevado a errores que han costado visibilidad e impacto de la producción, divulgación y transferencia del conocimiento entre la academia y la sociedad, porque no hemos podido apropiar el rasgo central de la sociedad del conocimiento, que es el *aprendizaje social*, que significa que “cada persona en la sociedad es el producto del conocimiento que él o ella ha logrado desarrollar o construir”³³, generando con ello nuevas formas de organización social del conocimiento.

Colciencias*, a finales de los noventa, emprende la tarea de impulsar la renovación en la manera como se organizaba la investigación y su comunidad científica, y pasa de centrar su función en apoyo financiero a proyectos a pensar en la “construcción de capacidades de investigación”, mediante el apoyo a la formación de jóvenes investigadores, magísteres y doctores, con el fin de movilizar la *inteligencia social* e incentivar una masa crítica en áreas estratégicas de desarrollo científico-tecnológico en áreas nuevas como los transgénicos, biopesticidas, vacunas, microelectrónica y otros, pero sin descuidar el aporte del conocimiento en la comprensión de las personas y la sociedad, su diversidad étnica y su identidad cultural, el funcionamiento del sistema político, la corrupción, el fenómeno del narcotráfico, la violencia y el cambiante papel del Estado³³, entre muchos otros. Todo ello para que el conocimiento fuera motor de desarrollo y dinamizador del cambio social para un mejor devenir histórico del país y de su bienestar social, impulsado por la responsabilidad que asumió Colciencias de promover la sociedad del conocimiento en el país.

Colciencias consideró que “uno de los instrumentos para facilitar el desarrollo de la Sociedad del Conocimiento en Colombia es el de concebir y formular una clara *Política Nacional de Informática*, que contemple y facilite el uso de las nuevas tecnologías relacionadas con la información y las comunicaciones, con el fin de aprovechar las oportunidades y responder a los desafíos generados por el contexto

* Es importante recordar que desde el nacimiento de Colciencias, en 1968, como “Fondo colombiano de investigaciones científicas y proyectos especiales, Francisco José de Caldas” a hoy, la entidad ha tenido cuatro etapas de desarrollo marcadas así: de 1968-1983, construcción y consolidación institucional; 1984-1990, suscripción de los primeros créditos para la financiación de la actividad de ciencia y tecnología con el BID y con la Misión de Ciencia y Tecnología organizada por el gobierno de Virgilio Barco, desarrollada en el marco del Año Nacional de la ciencia y la tecnología (1988-1989); 1990-2008, se reestructura Colciencias con la ley 29 de 1990 y pasa de ser Fondo a ser Instituto adscrito al Departamento Nacional de Planeación.

que caracteriza el inicio del nuevo milenio”³³. Para esta época, Colciencias no hace diferencias conceptuales entre información y conocimiento y otorga un mayor realce a la sociedad de la información, considerando que son los sistemas de información los que han de permitir el desarrollo de la actividad económica e infraestructura del país, apoyando, entre 1995 y 1997, 42 proyectos para la incorporación de tecnologías de la información en sectores de la educación, medioambiente, industria, minería y energía y salud, entre otros. En este programa del sistema de información “se crea la Red del Programa Conocimiento, Innovación y Construcción de Sociedad (CICS), a través de internet, que combina websites con redes electrónicas de investigación y de reflexión y con grupos de discusión”³³, con el fin de ampliar el debate nacional sobre temas de interés para la ciencia y la tecnología.

En esta época, Colciencias demuestra un interés muy importante en desarrollar una política de seguimiento y evaluación permanente del quehacer científico; por ello promueve la creación del “Observatorio de la Ciencia y la Tecnología”, cuya actividad central está en el “Diseño y construcción de indicadores, normalización de conceptos, tratamiento de la información, desarrollo de modelos analíticos para interpretación de indicadores, relación entre indicadores cualitativos y cuantitativos”³³, además de construir bases de datos, normalizar procedimientos de recolección y organización de información científica y tecnológica, monitorear el posicionamiento internacional de la ciencia local, divulgar y diseminar la información a través de indicadores de impacto en innovación y desarrollo científico tecnológico. Con el desarrollo de estas estrategias se organizaron grupos de científicos que se propusieron “adaptar los Manuales de Oslo, Camberra, Balanza Tecnológica de pagos y Frascati para Latinoamérica; escalafonamiento de publicaciones científicas colombianas [...], convenios de cooperación con la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, RICYT”³³, entre otros; todo ello para estructurar una estrategia, no explícita, de gestión de conocimiento que iniciara la carrera de modernización de la educación superior a partir de las exigencias desde las políticas de investigación.

De manera paralela a este desarrollo, en el año 2000 Colombia realiza una “Movilización social por la Educación Superior”, liderada por el Icfes, que concluyó con un análisis pormenorizado de la situación de la educación superior, con el fin de proponer una política de Estado en materia de educación superior³⁴. Este documento ilustra varios logros alcanzados en la década de los noventa, como la expansión sostenida en el incremento de matrícula estudiantil, por la ampliación de ofertas en pregrado, y a pesar de ciclos cortos de caída, especialmente en posgrados; el crecimiento de instituciones educativas, más a favor del sector privado que del público,

y un crecimiento del personal docente y administrativo en las universidades, entre otros. También en el documento se encuentran las debilidades existentes en el sector, por ejemplo, que “Las condiciones generales de trabajo [...] han sufrido deterioro. Se han presentado limitaciones para tener programas académicos bien diseñados; para contar con una nómina de profesores bien formados; para disponer de condiciones físicas y ambientales para lograr aprendizajes de calidad y con estudiantes realmente comprometidos con los procesos de formación”³⁴. El balance reconoce que persisten viejos problemas de la Educación Superior, tales como problemas de cobertura, de equidad y eficiencia; por ello se propone que “es necesario volver con urgencia sobre los ejes centrales de la problemática: cobertura con equidad; el financiamiento de la calidad y la autonomía con responsabilidad”³⁴.

Con la ley 1282 de 2009 se transforma a Colciencias de “Instituto” a “Departamento Administrativo Nacional de Ciencia y Tecnología” y se crea con el objeto de “lograr un modelo productivo sustentado en la ciencia, la tecnología y la innovación, para darle valor agregado a los productos y servicios de nuestra economía y propiciar el desarrollo productivo y una nueva industria nacional”³⁵. Además, en el art. 16 expresa que el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación –SNCTI– se crea con el fin de integrar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación bajo un marco donde empresas, Estado y academia interactúen en función del objeto. Es claro el objetivo de “modelo productivo” que se desea para todo el campo de la producción, apropiación y divulgación de conocimientos, además del énfasis que se pone a la investigación aplicada, al desarrollo tecnológico y a la innovación, promoviendo el emprendimiento para que influya constructivamente en el desarrollo económico, cultural y social del país³⁶. Este nuevo objeto y sus funciones han dado lugar, entre muchos otros aspectos, a la renovación de los criterios de calidad de Colciencias para la evaluación de revistas, de pares evaluadores y del escalafón de grupos de investigación, en relación con la actualización de la información y del mejoramiento tecnológico de la plataforma ScienTI³⁶.

Con este rápido perfil se hace ingreso de la universidad a la llamada sociedad del conocimiento, porque ya era evidente la desfinanciación de la U. pública y la pérdida de autonomía, entre otras crisis. Esto implicó un cambio en la manera tradicional de producir, divulgar y transferir el conocimiento; las transformaciones a las que actualmente está sujeta la universidad han hecho que esta adquiera nuevas funciones que “deben mantenerse más bien concentradas en la docencia y en la formación de ‘recursos humanos’, con una currícula basada en competencias, o bien reproducir la calidad de la ‘investigación básica’, para dejar que el desarrollo tecnológico y la

innovación con fines de elevación de la productividad se concentraran en las empresas y en la industria”³⁷. Lo más grave de todo es que la universidad pasó de ser “creadora de condiciones para la competencia y para el éxito en el mercado, se transformó por sí misma gradualmente en un objeto de competencia, es decir, en un mercado”³.

En la idea constante de la vinculación de la universidad con la empresa, surge la necesidad de asociarse en un intercambio leal de recursos y conocimientos para contrarrestar el peso hegemónico de las multinacionales, y se propone fortalecer a la sociedad civil para que de manera coordinada con el Estado se pudiera mejorar la balanza social y la equidad en el mercado universitario²⁵. De todas formas, se hace evidente la inserción del sistema neoliberal en la producción del conocimiento, a tal grado que se generan otros tipos de universidad³⁷, para dar respuesta a la demanda económica de la alianza universidad-industria. Uno de los cambios relevantes que se dan a partir de esta asociación es la creación de nuevos sistemas de educación, como es el caso de la universidad en armonía con la empresa³⁸, que “poseen el potencial de transmitir saberes tradicionales por medios innovadores, transformando las formas de la administración universitaria, la investigación y las actividades de extensión”³⁹. Clark, citado por Kristensen, nos describe estos sistemas a través de las características de la “Universidad Empresarial”: la autonomía en esta institución-empresa se define por la capacidad de aumentar los recursos financieros a través de diversificar los ingresos, disminuyendo así la dependencia del Estado; la proyección social se centra en la generación de departamentos estratégicos que por sí mismos generen dinero, en la generación de nuevas unidades en las que se introduzcan nuevos “training” (formación) atractivos para el mercado, y que debe “desarrollar un conjunto de creencias amplias que orienten y racionalicen los cambios estructurales que proporcionen la más fuerte capacidad de respuesta”³⁸. Esta universidad es un híbrido que demuestra el profundo daño y perversión del sistema neoliberal en su afán por controlar lo que hoy es considerado la principal fuente de capital: el conocimiento científico.

En Latinoamérica, según Eduardo Ibarra, las transformaciones que sufren las instituciones de educación superior a partir de la sociedad del conocimiento desgastan sus bases sociales debido a que “las universidades se encuentran subsumidas a la economía y el mercado, perdiendo la autonomía de la que gozaron en otros momentos, para incorporarse a redes de producción de conocimientos en las que las decisiones académicas empiezan a ser tomadas a partir de motivaciones económicas”⁴⁰. Estas transformaciones, junto con la pérdida paulatina de la autonomía universitaria, generan la pérdida del control que los investigadores, docentes y estudiantes tienen sobre la

institucionalización de los problemas por indagar, como es la característica común del modelo de producción de conocimiento centrado en lo disciplinar, en lo jerárquico y lo homogéneo, porque la sociedad es objeto y no sujeto de indagación^{3, 4}.

En últimas, la principal característica que determina distancias entre la gestión de conocimiento en la relación universidad-industria es el hecho de que “el conocimiento no es asimilable, ni siquiera metafóricamente, a una materia prima o a un insumo, así como tampoco los procesos de aprendizaje y de transmisión del conocimiento avanzado pueden asimilarse a los de un proceso de producción en sentido económico”⁴¹. De ahí que el principio de democratizar, más que el conocimiento, la información, por medio de la creación de medios de difusión masiva, siempre contará con un enemigo potencial: la sociedad de consumo, que ha adoptado la idea de que el conocimiento es un apetitoso bocado de producción en masa altamente rentable y que por ello se puede consumir sin detenerse a mirar su sentido y pertinencia en contexto.

La frontera que se traza entre lo que es ciencia y lo que no lo es, se encuentra manipulada por el mercado, donde el mayor accionista define lo científicamente correcto; para los países en vía de desarrollo, la línea fronteriza ha sido trazada por aquellos que han construido los emporios de la “ciencia”, donde la cultura hegemónica sigue considerando que el conocimiento difundido en inglés es lo internacional, y por ello “dificultan la difusión, limitan su repercusión o la hacen invisible, a un conjunto de productos sociocientíficos que por algún motivo no cumplen las reglas del juego dominante [...] Esto excluye al producto de algunas comunidades científicas y de algunas áreas de la ciencia del circuito general del conocimiento y lo reduce a espacios marginales o locales”⁴², como es el caso de la producción científica en español que se publica en revistas de habla hispana, y peor si estas son de carácter regional. Caso contrario pasa con la producción anglosajona que se produce en su espacio local y se publica en revistas locales, pero por publicarse en inglés se le otorga un valor internacional; “Este lapsus, considerar internacional a lo ‘americano’, es un ejemplo de un error bien conocido en el área de documentación, sesgo de idioma [...] y de área de conocimiento”⁴²; este sesgo del idioma, según Jiménez Contreras, citado por Amezcua et ál., “afecta la recuperación de la información, su difusión y la evaluación de la actividad científica de muchos países”⁴². Los límites ahora reconocidos, generados por sesgos altamente instaurados, han dificultado la producción y divulgación de la ciencia en ciertas zonas geográficas, poniendo en evidencia las falsas premisas de “acceso y democratización” en la sociedad de conocimiento.

Esa exclusión de los productos de la ciencia local que se escriben en idiomas diferentes al inglés, que piensan la ciencia no desde postulados “universales” y que se evalúan con “índices internacionales” restrictivos a ciertas áreas de conocimiento, pone cortapisas al desarrollo de la producción de conocimientos locales y contrarresta la idea de que el conocimiento se construye o reconstruye en esa multirrelación de las y los investigadores con la realidad que los circunda, con su mundo, sus mentalidades e imaginarios y que va más allá de la simple descripción de los hechos para tratar de representar la realidad mediante la comprensión, explicación o modelación.

Otro de los sesgos reconocidos, que sigue vigente y aún más en nuestro entorno de las universidades colombianas, consiste en considerar que los índices “internacionales” de citas (SCI, SSCI) son las fuentes evaluativas de la capacidad investigativa de un grupo o un investigador o investigadora en cualquier territorio del planeta; de allí que de los 38.000 investigadores registrados en la base de Colciencias, tan solo se reconozcan 1.200 por su producción, producción medida por estos indicadores. Pese a la incapacidad que han demostrado estos indicadores de medir la producción de algunas áreas del conocimiento, “de manera incomprensible todavía hay agencias gubernamentales en países iberoamericanos [como Colombia], que continúan adoptando el SCI como fuente única para la evaluación del conocimiento, lo que les obliga a in-visualizar y desacreditar el conocimiento propio”⁴³.

La aceptación de esta lógica “normal”, que en últimas es una *lógica colonizadora*, nos ha impedido ser audaces en el posicionamiento de indicadores de producción, aislamiento, repercusión y de consumo propios, que contribuyan a la visibilidad de la comunidad científica colombiana para otorgar poder a la ciencia local, que refleje su pensamiento y registre su producción para ser recuperada, difundida, codificada, apropiada e interpretada para que logre posicionarse en una globalidad plural y diversa donde lo homogéneo no sea el criterio de validez y utilidad, sino precisamente su riqueza diversa, heterogénea, porque habla de la compleja realidad que requiere ser “negociada” a la luz de la ciencia. O mejor aún, como lo expresa Arturo Escobar, en la búsqueda por configurar otro espacio para la producción de conocimiento que no sea solo para el interés de las “supuestamente universales ciencias sociales y humanas”⁴⁴, sino que considera posible pensar “una forma distinta de pensamiento, la posibilidad de hablar sobre mundos y conocimientos de otro modo”⁴⁴.

En síntesis, ese particular interés por controlar la naciente “industria del conocimiento” implicó cambios en el manejo de la producción científica en el mundo; por un lado, la privatización, y por otro, la regulación de la difusión del conocimiento en las

comunidades científicas. Estos cambios han tenido consecuencias notables, tales como el monopolio de la ciencia y la exclusión de ciertas comunidades científicas. Estas dos consecuencias han propiciado una nueva exclusión del conocimiento, entre lo que se sugiere es ciencia y lo que se ignora dentro de esa categoría. Esta forma de gestionar el conocimiento desdice de los principios de calidad, eficiencia, equidad, comprensión y significación que los usuarios han de apropiarse para sí, de la información que encuentran en alguna base de datos que satisfaga sus necesidades de entendimiento de la realidad estudiada.

En este marco se podría empezar a hablar de otra clase de herramientas, estrategias o reformas universitarias que, como lo refiere Lilia Sánchez González, “permitan dimensionar con amplitud y rigor científico los avances que registran las universidades, [...] en el establecimiento de una relación más vigorosa entre la universidad y la sociedad y sus contribuciones a mejorar las condiciones de bienestar social”²⁹. Y en esta línea por resistir a la deslegitimación del papel de las universidades en la producción social de conocimiento, Sousa propone, a manera de resistencia, la articulación de los intereses científicos con los intereses sociales, para que los beneficios de sus productos satisfagan las necesidades de los grupos sociales que no tienen poder, mediante el uso de “la investigación-acción y la ecología de saberes, como campos para la legitimación de la universidad que trascienden la extensión, en tanto actúan a nivel de ésta como al nivel de la investigación y de la formación”³.

4. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO DESDE LA COOPERACIÓN Y LA SOLIDARIDAD. EL CASO DE ENFERMERÍA

La experiencia que se ha avivado en el Gercus a partir del encuentro con la Fundación Index, de Granada, España, que ha venido promoviendo a lo largo de sus 20 años la gestión de los conocimientos en los cuidados de la salud, nos ha obligado a repensar las tres dimensiones básicas de este tema: la ciencia, el conocimiento y su gestión, y lo más interesante es que hemos encontrado referentes teóricos que nos ayudan a participar en ese necesario giro paradigmático de la gestión del conocimiento, a partir de la línea de investigación del Gercus en “Formación de líderes en gestión del conocimiento”, para otorgar vida a la acción práctica que llevamos en este proceso, sea como investigadoras jóvenes o como docente de la Escuela de Enfermería.

Por identidades conceptuales, hemos tomado prestados de tres autores (Tobón y Núñez⁵, Gibbons⁴ y Sousa³) sus propuestas para resistir a las alteraciones profundas entre sociedad y conocimiento, que se vienen dando por la comercialización del

conocimiento científico; en particular, al revisar el trabajo de la Fundación Index-Gercus encontramos gratas coincidencias. En primer lugar, el enfoque epistemológico que Tobón y Núñez presentan desde la teoría de la complejidad coincide con las propuestas de Gibbons y Sousa frente al giro que ha de tomar la producción de conocimientos para su apropiada gestión, y con los intereses del Programa de Formación de Líderes en Gestión del Conocimiento.

Recordemos que en el primer aparte de este texto se señaló que la cultura tradicional universitaria se caracteriza por producir conocimiento lineal, jerárquico y homogeneizante, postura que se opone a una nueva forma de producir “conocimiento transdisciplinar, emergente o aplicado al contexto”, propia del pensamiento complejo que, como referente epistemológico, “es un método para la construcción de conocimiento de cualquier fenómeno, teniendo como base la forma y dinámica de cómo está tejido dicho fenómeno en sí y con respecto a otros fenómenos, con el fin de comprenderlo y explicarlo en sus procesos de orden-desorden-reorganización, mediante el análisis disciplinario, multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario”⁵.

Para Gibbons et ál.⁴, este último modelo contextual corresponde al “modo 2” de su propuesta, caracterizado porque el conocimiento se lleva a un contexto de aplicación (disciplinas aplicadas), es heterárquico y transitorio, “se caracteriza por la transdisciplinariedad y se institucionaliza en un sistema socialmente distribuido, que es más heterogéneo y flexible”⁴. Sousa de Santos comparte esta premisa y propone dar el salto de conocimiento disciplinar a un “conocimiento pluriuniversitario”, que caracteriza como

contextual, en la medida en que el principio organizador de su producción es la aplicación que le puede dar. Como esa aplicación ocurre extramuros, la iniciativa de la formulación de los problemas que se pretenden resolver y la determinación de los criterios de relevancia son resultado de un acuerdo entre investigadores y usuarios. Es un conocimiento transdisciplinar que por su propia contextualización obliga a un diálogo o confrontación con otros tipos de conocimientos³.

Los tres autores coinciden en que el conocimiento y su proceso de producción es multidimensional, transversal y evoluciona o cambia según la confrontación o el diálogo sostenido con los otros; por ello es inestable y está lejos de las certezas. En este punto celebramos que la Investigación-Acción Participativa, que ha sido fuente

teórico-metodológica del *Gercus*, para la comprensión de los problemas de los cuidados de las personas y colectivos, sea considerada como una “alternativa que marque socialmente la utilidad social de la universidad y que formule esa utilidad de manera contrahegemónica”³. Estos autores consideran que este conocimiento es más responsable socialmente y más reflexivo; por las respuestas que busca desde la ciencia y los otros conocimientos, implica tocar valores y preferencias de las diferentes personas y grupos que participan en los contextos, por lo que se requiere que los científicos asuman la *reflexividad* en el proceso investigativo, a pesar de la resistencias que opone la demanda (las empresas, la industria) y de los cuestionamientos éticos o morales que se pueden ocasionar con los temas abordados⁴. Esta perspectiva de producción de conocimientos y saberes es empática al campo disciplinar de la enfermería, por el tipo de abordaje intersubjetivo que hacemos permanentemente con las personas y colectivos en la comprensión y explicación de sus problemas de salud y vida, en los que necesariamente el cuestionamiento ético y moral de los actos de cuidar e investigar está presente.

El camino que hemos abierto desde el *Gercus*, a partir de su formación y consolidación como grupo de investigación, retoma las ideas propuestas por los autores, al sostener un diálogo iberoamericano sobre el cuidado como objeto de estudio de la enfermería, para comprenderlo y explicarlo desde las diferentes aristas posibles, y para que trascienda lo meramente disciplinar, reconociendo la importancia que tienen los saberes tradicionales y sus propias formas de uso y visibilidad. Por esto el *Gercus*, en alianza con la Fundación Index, institución que ha promovido una gestión del conocimiento, da cuenta de su abordaje transdisciplinar, concebido como una conjunción de diversas habilidades conceptuales y prácticas para mantener una estructura de acción alrededor de la gestión de los cuidados y saberes en salud, coadyuvando la formación de jóvenes investigadoras en enfermería.

La transdisciplinariedad es dinámica y genera una producción de conocimientos y saberes más cercana a los contextos sociales y culturales iberoamericanos, en los que el idioma español y portugués son puntos de identidad y encuentro, sin excluir el inglés. Los resultados se divulgan entre aquellos que han participado en la producción del conocimiento y entre aquellos que lo usan (enfermeras, usuarios, antropólogos, psicólogos y otros); además, la comunicación se da a través de canales institucionales de la red de comunicaciones de la Fundación Index, que persiste y está disponible para los usuarios cooperantes. La visibilidad y uso de los productos logrados son publicados en diferentes revistas puestas en la red o en encuentros en los que se mantiene vivo el diálogo y la confrontación teórica y práctica.

Este es un punto de referencia para comprender por qué una de las experiencias que han marcado de manera singular una diferencia en la manera de gestionar el conocimiento ha sido desarrollada por la Fundación Index, gestora del conocimiento enfermero en Iberoamérica. El grupo de trabajo de enfermeras(os) de la Fundación retoma como horizonte de trabajo los conceptos de cooperación y solidaridad para la producción, divulgación, transferencia y utilidad del conocimiento en enfermería; desde su origen, estos conceptos son acuñados como herramientas que resisten a la hegemónica manera de pensar y gestionar el conocimiento, así lo refiere su presidente y fundador Manuel Amezcua:

El proyecto Index nació hace ahora veinte años, coincidiendo con el periodo de más efervescencia de la reforma de la Atención Primaria de Salud. Nació por tanto en Andalucía como un intento de fundamentar en el conocimiento científico los profundos cambios que estaban teniendo lugar de manera especial en la enfermería comunitaria. Para ello era necesario promover la investigación y desarrollar instrumentos que favorecieran la difusión del conocimiento, ahí nacieron CUIDEN e Index de Enfermería. Dos décadas después los objetivos siguen vigentes, aunque se refieren a un contexto mucho más amplio: el Espacio Científico Iberoamericano (ECI). Hoy podemos afirmar sin arrogancia que Index es el principal culpable de un proceso de transferencia e intercambio de conocimiento en un contexto que para muchos era irreconocible o inexistente. Gracias a vehículos tan potentes como la hemeroteca Cantárida o la base de datos CUIDEN podemos comprobar el enorme potencial científico que tienen las Enfermeras que se expresan en idiomas como el español o el portugués. Lo que la Fundación Index se ha propuesto es precisamente eso: reivindicar, promover, promocionar y, en cierta forma, también defender de la intransigencia el conocimiento Enfermero del ECI[...]. Lo que intentamos es dignificar el conocimiento de nuestro espacio científico y cultural, tradicionalmente apartado debido a la excluyente influencia de la prensa científica anglosajona. Queremos evitar en lo posible el absurdo proceso de fuga de conocimiento que se produce en nuestro medio como consecuencia de los deficientes sistemas de evaluación existentes hasta ahora, que priman exclusivamente lo que se publica en inglés y en el extranjero⁴⁵.

La gestión del conocimiento que desarrolla la Fundación Index demuestra la posibilidad de aumentar la producción científica en una disciplina transversal, como es la de los cuidados de la salud, que no solo concierne a la enfermería, sino a una gama amplia de profesiones, saberes y conocimientos, como la antropología, la

historia, la economía, la medicina y la psicología, entre muchas otras, que han permitido comprender, explicar y proveer alternativas de solución locales o globales a los problemas de la salud planetaria. Esta confluencia disciplinar se logra mediante el fomento de comunidades de conocimiento estables y cooperativas, que contribuyen a resistir a ese modelo de globalización neoliberal en la producción y distribución del conocimiento mediante la creación de “espacios para articulaciones nacionales y globales basados en la reciprocidad y el beneficio mutuo, que en el caso de la Universidad, recuperan y amplían formas de internacionalismo de larga duración”³. Ejemplo de esto es la Biblioteca virtual *LasCasas*** ; esta biblioteca se crea como un centro para el intercambio de conocimiento sobre el cuidado de la salud en Iberoamérica; proyecto que se fundamenta en el principio inspirador de que “La ciencia se enriquece cuando se comparte el conocimiento [...] a partir del principio de reciprocidad”¹⁹; *LasCasas* parte de la premisa de que “Si el mundo desarrollado aporta acervo especialmente en el desarrollo tecnológico y biomédico, los pueblos desfavorecidos aportan conocimiento de otra naturaleza, que privilegia los saberes tradicionales, que considera las respuestas humanas ante la salud y la variedad de cosmovisiones que produce la diversidad cultural, conocimiento que por otra parte resulta indispensable para contribuir a su propio desarrollo”¹⁹. En este proyecto, que hoy es realidad iberoamericana, ha participado activamente el *Gercus*, aprendiendo y fortaleciendo los principios de solidaridad y cooperación desde el espacio académico de la Escuela de Enfermería de la Uptc, para tratar de contrarrestar la unilateralidad del conocimiento y aplicando un conocimiento “pluriuniversitario”, aprovechando, como lo plantea Sousa de Santos, “la interactividad enormemente potenciada por la revolución en las tecnologías de la información y comunicación”³.

A la luz de este mismo principio de cooperación se ha logrado posicionar la Base de Datos CUIDEN, que ha posibilitado la visibilidad del acervo científico de las enfermeras y demás profesionales que han aportado su producción de conocimiento sobre los cuidados de la salud, y de paso “ha provocado un cambio en el patrón de consumo de la información de las enfermeras iberoamericanas, que han pasado de citarse a sí mismas en su espacio local, a consumir conocimiento con independencia de donde se produzca”⁴⁶; no en vano CUIDEN ha aumentado sus registros de ingreso a la base de datos de 401.460 ingresos anuales en el 2003 a 12.385.954 en el 2008⁴⁷. Esta experiencia de gestión del conocimiento desde la cooperación y la

** El nombre de la Biblioteca *LasCasas* se asume en homenaje al insigne defensor de los indígenas en la época de la Conquista, queriendo mostrar los valores de igualdad e intercambio cultural que animan este proyecto y cuya lema es “El conocimiento científico no se comercializa, se comparte”.

solidaridad, entre otras múltiples iniciativas, reivindica la producción local de enfermería y desmitifica la existencia de la frontera de lo que es y no es ciencia, propuesta desde la “industria del conocimiento” y el mercado desarrollado por monopolios de la ciencia.

La propuesta de la Fundación ha traspasado las fronteras idiomáticas, territoriales y disciplinares. Durante sus años de existencia ha reiterado una y otra vez la diferencia entre gestionar el conocimiento desde la industria y gestionar el conocimiento desde la cooperación; la principal diferencia marcada radica en la comprensión del conocimiento no como un elemento de compra y venta, sino como una herramienta para transformar las sociedades y las realidades en las que se inscribe su producción y origen. Las iniciativas de la Fundación han coincidido con la perspectiva de los autores arriba señalados, porque incluyen un carácter amplio, temporal y heterogéneo al conocimiento que divulga; han llevado a que los resultados de las investigaciones se pongan bajo la óptica de la evaluación de su rigor científico, con el fin de otorgar evidencias científicas para que sean usadas en ámbitos competentes fuera o dentro de la universidad; promueven la *reflexividad* de sus usuarios y gestores; defienden la premisa de que el conocimiento ha de estar socialmente distribuido, propiciando pactos de cooperación, y lideran procesos globales y locales acerca del buen uso de la producción de conocimientos, que asegure una práctica de los cuidados de alta calidad, pero con sentido y pertinencia.

Desde la experiencia de la Fundación Index aprendemos que obtener un autorreconocimiento de la ciencia local, como fuente de patrimonio cultural de la nación, implica abrir caminos para formular hipótesis de trabajo que nos permitan reconocer los talentos, las capacidades y potencialidades para el desarrollo de la ciencia local, como lo hizo en su momento la Fundación al pensar como hipótesis una

Pequeña Gran Ciencia Internacional de Enfermería construida desde la gran comunidad científica de las enfermeras que comparten idioma, hecho que se puede objetivar mediante el estudio particular de las comunidades científicas nacionales a través de la evaluación de sus indicadores de producción y repercusión, lo que, además, es un instrumento para evaluar la actividad científica de personas y grupos de investigación no considerados por la Gran Ciencia, pero no por ello invisibles o sin repercusión⁴².

Hoy, como resultado de esta hipótesis de trabajo, la Fundación puede dar cuenta de cuánto se produce, cuánto se consume y cuál es el uso de la producción científica en el

campo de los cuidados de la salud. Existen varios estudios que evidencian el crecimiento y fortalecimiento de la producción científica de enfermería⁴⁸⁻⁵⁰, como su consumo o aislamiento⁵¹, y dan cuenta de la existencia de un espacio científico iberoamericano, porque, afirma Gálvez Toro, "contamos con un importante número de grandes productores en nuestro espacio científico, lo que predice la existencia de grupos de investigación estables y líneas de investigación consolidadas [...] centradas en la documentación, la bibliometría y la gestión del conocimiento, la práctica basada en evidencias, la efectividad clínica, la investigación cualitativa, las úlceras cutáneas y lesiones crónicas y agudas de la piel, la historia de la enfermería o la investigación en nefrología"⁵².

Esta consolidación investigativa en enfermería ha contribuido de manera importante al crecimiento de la producción científica y a su consumo, esto se puede evidenciar a través de la

Producción de cinco bases de datos bibliográficas, entre ellas CUIDEN, la más completa y consultada, de acceso gratuito. Publicación de una docena de revistas, entre ellas Index de Enfermería, la revista con mayor impacto científico en Iberoamérica [indexada 1A]. Publicación de la única hemeroteca digital enfermera en español, que publica el 20% de la producción iberoamericana. Cinco grupos de investigación con estructura de red cooperativa especializados en áreas como la Investigación Cualitativa, la Enfermería Basada en la Evidencia, la historia y el pensamiento enfermero, el análisis documental, y la mejora de la calidad de las publicaciones. Producción del único sistema de evaluación del conocimiento enfermero del espacio científico Iberoamericano (impacto de revistas, impacto de autores). Más de 4000 participantes en las reuniones científicas organizadas por la Fundación Index. Cerca de 7000 alumnos participantes en sus actividades de formación especializadas en metodología de investigación. Un número indeterminado de usuarios de la página web, que sólo en el último año ha superado el medio millón. Más de un centenar de instituciones académicas y científicas, servicios de salud, asociaciones profesionales y sociedades científicas que han concertado actividades de la Fundación Index. Convenios de colaboración y relaciones de intercambio científico con universidades e instituciones científicas de cerca de treinta países de Europa, África y América. Centros colaboradores de la Fundación Index en Portugal, Chile, Brasil, Colombia y México. Fondo de Historia de los Cuidados más completo en español. La más importante Hemeroteca de enfermería del área Iberoamericana. Además de otras muchas acciones de fomento de la investigación y el conocimiento enfermero, como

promoción de sociedades científicas, premios y ayudas a la investigación, consultoría en gestión del conocimiento, publicaciones, proyectos de cooperación al desarrollo, etc.⁵³.

La Base de Datos Cuiden, durante el 2006, "indexó más de 3500 documentos y la hemeroteca Cantárida publicó casi 600 artículos, lo que supuso el 20% de la producción enfermera iberoamericana⁵⁴. El incremento en la producción, visibilidad y consumo del conocimiento a través de CUIDEN ha contribuido al autorreconocimiento, valoración y validación de la producción científica de los profesionales de diferentes países del entorno iberoamericano⁵⁵, en los que "por fin las enfermeras utilizan su propio conocimiento para construir nuevo conocimiento"⁵⁶, otorgando a los autores que publican en el entorno científico iberoamericano mayor visibilidad e impacto por su citación, que "sin duda, esto es, un síntoma de madurez identitaria y disciplinar"⁵⁷. Todo este proceso ha sido posible en la medida en que los estudios bibliométricos demuestran que "las políticas de gestión integral del conocimiento, basadas en fuentes documentales secundarias como Cuidenplus y en la actualización permanente, producen efectos inmediatos en el consumo"⁵⁷ y que han permitido hacer efectivo el nivel de consumo de dicha producción científica.

Como estrategia de expansión a través de la solidaridad y la cooperación, se trascienden los límites geográficos del trabajo de la Fundación Index, al buscar el apoyo de universidades latinoamericanas para crear y poner en funcionamiento el programa de "Promoción de Jóvenes Investigadores y Líderes de Gestión del Conocimiento en Cuidados de Salud en Colombia"¹. En las dos primeras cohortes han resultado beneficiadas cuatro jóvenes investigadoras de la Uptc, en el marco del "Convenio de cooperación para el desarrollo del conocimiento disciplinar de enfermería", actuando como contraparte la Dirección de Investigaciones, que comparte el apoyo financiero para la beca-pasantía de estas jóvenes investigadoras en enfermería.

En esta inquietante búsqueda por formar semilleros de conocimiento, con el fin de ofrecer los recursos para afinar la competencia escritural, por visibilizar la producción del conocimiento enfermero, por cerrar brechas en el no leer la literatura en español, por incentivar el buen uso de resultados de investigación, por capacitar en tecnologías aplicadas a la investigación y por generar proyectos de gestión de conocimiento locales, entre muchas otras, el proyecto *Promoción de Jóvenes Investigadores y líderes de Gestión del Conocimiento* contempla entre sus objetivos los siguientes procesos de formaciones para los y las jóvenes investigadoras que se hacen acreedores a la beca-pasantía:

Adquirir habilidades prácticas en la utilización de métodos de investigación aplicados al campo de los cuidados; adiestrarse en el manejo de nuevas tecnologías aplicadas a la investigación: desarrollo de bases de datos bibliográficas, diseño de revistas electrónicas, creación de fondos de documentación electrónicos que permitan que los documentos sean visibles y recuperables; conocer el ciclo de la producción científica, con especial referencia a la difusión de resultados de investigación tanto en revistas como en reuniones científicas; adquirir conocimientos sobre Enfermería Basada en la Evidencia y su utilidad en la práctica clínica; realizar prácticas dentro de proyectos de investigación que la Fundación Index tiene activos: Proyecto Lascasas, CUIDENsalud, Análisis de la repercusión de la prensa científica internacional, Cuidados transculturales, Efectividad del cuidado familiar, etc.; y asesoramiento técnico en la elaboración de un proyecto de gestión del conocimiento para implementar en su centro de procedencia¹.

Este proyecto de cobertura iberoamericana ha favorecido, entre muchas cosas, “los esfuerzos por pensar la profesión y su desarrollo disciplinar desde la ciencia, por aupar la producción científica de conocimientos, por comprender nuestras complejas realidades, por visibilizar múltiples identidades en la producción de conocimientos científicos y por elaborar propuestas en pro del desarrollo y del bienestar de nuestros pueblos”⁵⁸. Para la enfermería colombiana, este proyecto ha permitido coadyuvar a la producción de conocimiento como estrategia de cambio, reconociendo las limitaciones y obstáculos por vencer, entre ellos: el bajo nivel de apropiación conceptual del dominio disciplinar en la mayoría de los profesionales; la persistente cultura de no aprender a nosotras mismas y mismos como otra fuente permanente de conocimiento, indagación y confrontación; el acceso aún limitado que las enfermeras de Colombia tienen a fuentes de conocimiento científico, como bases de datos y libros, para el desarrollo de las actividades de formación investigativa en niveles de pregrado y posgrado, y el miedo a exponer en público sus argumentos a través de escritos publicados en revistas⁵⁸. Además, no se puede desconocer que existe un escaso conocimiento metodológico para generar investigación secundaria como fuente de evidencias científicas, y grandes dificultades para difundir el conocimiento propio, a pesar del crecimiento de revistas locales de enfermería.

En este camino de producir conocimientos científicos, de aprender a gestionarlo y de ser capaces de hacer transferencia pertinente y útil al sector social, se impone un ideal de ser enfermera investigadora, que requiere una formación para saber-pensar desde modelos pedagógicos socio-críticos, como “elemento clave sobre el que reposa la

gestión del conocimiento y su aplicación en la práctica⁵⁹ de los cuidados de la salud. Y un saber-hacer para que puedan ser capaces de “avizarar los problemas del entorno, ser capaces de mantener un pensamiento sistemático de observación, de preguntarse por lo que desean ser, por lo que estudian, por lo que hacen, por lo que piensan; ser capaces de dudar, con argumentos significativos frente al conocimiento que se brinda; de curiosear entre múltiples referentes bibliográficos; de indagar más allá de lo simple y cotidiano; ser capaces de replantearse los paradigmas de la ciencia⁵⁸, para aumentar la participación de las enfermeras en las esferas de toma de decisión y ejercer la autonomía como derecho profesional con acciones efectivas dirigidas a los cuidados de salud de las y los ciudadanos y comunidades.

En ese ideal de ser enfermera investigadora, que se viene concretando en el Gercus, a partir de la experiencia de formar líderes en gestión del conocimiento con la Fundación Index, se construyó una propuesta que surgió con las dos primeras jóvenes becarias, denominado “Leiaska, para la promoción sostenible del conocimiento científico entre las enfermeras de Boyacá⁶⁰”, que busca que las enfermeras clínicas y comunitarias del departamento de Boyacá, inicialmente, mejoren sus prácticas de cuidado de la salud a través del uso, en la práctica de los cuidados, de los resultados de investigación desde una postura reflexiva, crítica y contextualizada. Esta experiencia es otra demostración de las posibilidades que se abren cuando se aviva el espíritu investigador con principios de solidaridad y cooperación para el crecimiento y consolidación del conocimiento científico en enfermería a partir de la creación y consolidación de redes.

El trabajo en red, que se ha fortalecido a partir del uso de las TIC, ha de servir para trabajar, como plantea Sousa, por una globalización alternativa, que fortalezca la legitimidad y la institucionalización de la universidad, haciendo que este bien público pase a ser producido en red³, esto implica una profundización en la propiedad social del conocimiento y, como el autor señala, “una revolución institucional y una revolución en las mentalidades”, que quizá aún no estemos preparadas, pero tenemos que abrir caminos para ello. Ya hemos comprendido que la gestión del conocimiento no es solo “un asunto de capacidades y habilidades cognitivas”, sino que pasa igualmente por la complejidad epistemológica y pertinencia social del conocimiento, con el fin de transformar las estructuras del sistema actual; “esto es esencial para poder avanzar en la construcción de conocimiento significativo desde las enormes cantidades de información⁵”.

Referencias Bibliográficas

1. www.index-f.com/campus/jovenes.php
2. Proyecto de Cooperación al Desarrollo denominado: "Promoción de Jóvenes Investigadores y Líderes de Gestión del Conocimiento en Cuidados de Salud en Colombia", firmado entre la Fundación Index de, en Granada, España, y la Uptc, en febrero de 2005, siendo el Grupo de Investigación en Exclusiones y Resistencias en el Cuidado de la Salud y la Vida, Gercus, de la Escuela de Enfermería de la Uptc el responsable de coordinar para Colombia. Este proyecto fue elaborado por Amezcua M., Manuel y Romero B., María Nubia.
3. De Sousa Santos Boaventura. *La universidad en el siglo XXI para una reforma democrática y emancipadora de la universidad*. Centro Universitario en Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2005.
4. Gibbons, Michel; Limoges, Camille; Nowtny, Helga; Schawrtzman, Scott Peter y Trow, Martin. *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Ediciones Pomares-Corredor S.A. Barcelona, [sin año].
5. Tobón, Sergio y Núñez Rojas, Ariel César. "La gestión del conocimiento desde el pensamiento complejo: un compromiso ético con el desarrollo humano". *Revista Escuela de Administración de Negocios*. Septiembre-diciembre, número 58. Bogotá, 2006. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/206/20605803.pdf>. [Consultado 22 de mayo de 2009].
6. Rojas Betancur, Héctor Mauricio. "La importancia de las políticas públicas de formación en investigación de niños, niñas y jóvenes en Colombia, para el desarrollo social". *Rev.latinoam.cienc.soc.niñez.juv*, vol. 6, n.º 2. Manizales jul/dic. 2008. [Consultado 22 de mayo de 2009].
7. Lema, Fernando. *Sociedad del conocimiento: ¿desarrollo o dependencia?* Disponible en: http://www-ilo-mirror.cornell.edu/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/gen_sur/pdf/lema.pdf. [Consultado 22 de mayo de 2009].
8. Krüger, Karsten. "El concepto de 'sociedad del conocimiento'". *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. (Serie documental de Geo- Crítica). Universidad de Barcelona. Vol. XI, n.º 683, 25 de octubre de 2006 Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-683.htm> [Consultado 9 de junio de 2009].
9. Colciencias. *Más de 160.000 millones de pesos para el 2008 en actividades de ciencia, tecnología e innovación del país*. Bogotá, febrero-2007. Disponible en: http://www.colciencias.gov.co/portacol/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=4&id_noticia=220. [Consultado 10 de junio de 2009]

10. Observatorio de la Universidad Colombiana. "El presupuesto para la defensa es 127 veces mayor que el de la ciencia". *Lecturas Dominicales de El Tiempo*. Marzo 30/09. Disponible en: http://universidad.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=692:el-presupuesto-para-la-defensa-es-127-veces-mayor-que-el-de-la-ciencia&catid=16:noticias&Itemid=198. [Consultado 9 de junio de 2009].
11. Isaza Delgado, José Fernando y Campos Romero, Diógenes. *Algunas consideraciones cuantitativas sobre la evolución reciente del conflicto en Colombia*. Bogotá, diciembre de 2007. Disponible en: http://www.dhcolombia.info/IMG/pdf_ConflictoColombiano.pdf. [Consultado 9 de junio de 2009].
12. Orozco, Luis Enrique. *La Ley de Ciencia y Tecnología, una nueva ilusión*. El Observatorio de la universidad colombiana. Disponible en http://universidad.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=654:la-ley-de-ciencia-y-tecnologia-una-nueva-ilusion&catid=36:ensayos-acadcos&Itemid=81 [Consultado 22 de mayo de 2009].
13. Fainholc, Beatriz. "Rasgos de las universidades y de las organizaciones de educación superior para una sociedad del conocimiento, según la gestión del conocimiento". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, Vol. 3 – N.º 1 / Abril de 2006. <http://www.raco.cat/index.php/RUSC/article/view/49334/50223>. [Consultado 25 de mayo de 2009].
14. Campillo López, Teresa; Alvarado Gómez, Francisco. *El aprendizaje organizacional en las instituciones sanitarias: la externalización del conocimiento*. Comunicación presentada en la Jornada de gestión del conocimiento del Instituto Carlos Tercero, España, 2003.
15. Davenport, Thomas y Prusak, Laurence. *Working Knowledge: How Organizations Manage What they Know*. Publisher: Harvard Business School Press. May 2000.
16. Carrión, J. *Gestión del conocimiento*. Disponible en: http://www.gestiondelconocimiento.com/conceptos_gestion_del_conocimiento.htm. [Consultado 25 de mayo de 2009].
17. Romero Gil, Cristian. *De la sociedad industrial a la sociedad del conocimiento: La importancia estratégica de la "Gestión del Conocimiento" y de los "Activos Intangibles" en las empresas del siglo XXI*. Disponible en: <http://www.todomba.com/noticias/estrategia/de-la-sociedad-industrial-a-la-sociedad-del-conocimiento-la-importancia-estrategica-de-la-8220ge.html> [Consultado 25 de mayo de 2009].
18. Castells, Manuel. *Internet y la Sociedad Red*. Lección inaugural del programa de doctorado sobre la sociedad de la información y el conocimiento (UOC). 1999. Disponible en: www.sociologia.de
19. LASCASAS. Centro Iberoamericano de Investigación y Documentación en Cuidados de Salud. *Principios inspiradores*. Disponible en: <http://www.index-f.com/lascasas/principios.php>, [Consultado 1 de junio de 2009].

20. Lepe Carrión, Patricio. *La Teoría Crítica de la Sociedad de Habermas, de Enrique M. Ureña: Síntesis interpretativa*. Cuaderno de Materiales. Disponible en: http://www.filosofia.net/materiales/resenas/r_4.html. [Consultado 9 de junio de 2009].
21. Marcuse, Herbert. *La sociedad industrial y el marxismo*. Buenos Aires: Editorial Quintaria. 1969.
22. Sanabria Rangel, Mauricio. *Hacia un dis-curso de la gestión del conocimiento en el contexto organizacional*. Innovar. [online]. Jul/Dic. 2006, vol. 16, n.º 28 [cited 13 June 2009], pp. 111-128. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512006000200007&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0121-5051. [Consultado 1 de junio de 2009].
23. Fromm, Erich; Louis, Irving; Marcuse, Herbert; Gorz, Andre y Flores, Victor. *La sociedad industrial contemporánea*. Siglo XXI Editores, 1990. Edición 16.
24. Habermas, J. *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Tecnos. 1986.
25. González García, Ginés. "La salud, la universidad y la empresa. Su contribución al bienestar de Iberoamérica". En: *La Universidad en la Sociedad del siglo XXI*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 2001.
26. Gálvez Toro, A. "El español proscrito". *Evidentia*. 2007 may-jun; 4(15). Disponible en: <http://www.index-f.com/evidentia/n15/343articulo.php> [ISSN: 1697-638X]. [Consultado 1 de junio de 2009].
27. Gálvez Toro, A.; Amezcua, M.; Hueso Montoro, C. "El autor evaluado: impacto de las publicaciones periódicas". *Evidentia* 2006 mar-abr; 3(8). Disponible en: <http://www.index-f.com/evidentia/n8/217articulo.php> [ISSN: 1697-638X]. [Consultado 1 de junio de 2009].
28. Fals-Borda, O. *Kaziyadu, Registro del reciente despertar territorial en Colombia*. Bogotá: Ediciones Desde Abajo, 2001.
29. Sánchez González, Carmen Lilia; Herrera Márquez, Alma X.; Zárate Moreno, Laura Guadalupe; Moreno Méndez, Willebaldo. "La Responsabilidad Social Universitaria (Rsu) en el contexto del cambio de la educación superior". *Virtual Educa Brasil*, 2007. Disponible en: <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/225-MSG.pdf>. [Consultado 6 de junio de 2009].
30. Gavriel, Salomón. "La educación superior frente a los desafíos de la era de la Información". *Revista de Docencia Universitaria*, Vol. 2, N.º 2. 2007. Disponible en: http://revistas.um.es/index.php/red_u/article/view/20071/19441. [Consultado 10 de junio de 2009].
31. Casas, Miguel. "Nueva universidad ante la sociedad del conocimiento". *Revista de*

- Universidad y Sociedad del Conocimiento*, Vol. 2 - N.º 2 / noviembre de 2005. Disponible en: <http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/casas.pdf> [Consultado 10 de junio de 2009].
32. Fainholc, Beatriz. "Rasgos de las universidades y de las organizaciones de educación superior para una sociedad del conocimiento, según la gestión del conocimiento". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, Vol. 3 – N.º 1 / abril de 2006. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/RUSC/article/view/49334/50223> [Consultado 10 de junio de 2009].
 33. Colciencias. *Ciencia y Sociedad: Colombia frente al reto del tercer milenio*. Sistema nacional de ciencia y tecnología: Conocimiento para el desarrollo. Bogotá, 1998.
 34. Ley 1286 de 2009, por la cual se transforma el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, en el Departamento Administrativo Nacional de Ciencia y Tecnología. Disponible en: http://www.elabedul.net/San_Alejo/Leyes/Leyes_2009/ley_1286_2009.php. [Consultado el 18 de junio de 2009].
 35. Colciencias. *Modelo de medición de grupos de investigación, tecnología o de innovación*. 2008. Disponible en: <http://www.colciencias.gov.co/portaicol/downloads/archivosSoporteConvocatorias/2264.pdf> [Consultado 12 de junio de 2009].
 36. ICFES y Ministerio de Educación Nacional. *Bases para una política de Estado en materia de educación superior*. Colombia: Icfes, 2001.
 37. Didriksson, Axel. *Universidad, sociedad del conocimiento y nueva economía*. Disponible en: http://www.riseu.unam.mx/documentos/acervo_documental/txtid0016.pdf [Consultado 9 de junio de 2009].
 38. Kristensen, Benten. "La universidad empresarial como universidad de aprendizaje". *Higher Education in Europe*. Vol. XXIV, N.º 1, 1999, p. 35-45. Disponible en: http://www.fceia.unr.edu.ar/labinfo/facultad/decanato/secretarias/desarr_institucional/biblioteca_digital/articulos_pdf_biblioteca_digital/bd_UMD_T-67.pdf. [Consultado 9 de junio de 2009].
 39. Finquelievich, Susana; Prince, Alejandro. *Las universidades argentinas en la Sociedad del Conocimiento*. Diciembre de 2005. Disponible en: http://www.spkrsbr.com/Biblioteca/htm/Universidades_Argentina.pdf
 40. Ibarra Colado, Eduardo. "Capitalismo académico y globalización: La universidad reinventada". *Educ. Soc.*, Campinas, vol. 24, n.º 84, p. 1059-1067, setiembre 2003. Disponible en: <http://www.cedes.unicamp.br>. [Consultado 9 de junio de 2009].
 41. Peón, César E. Los sistemas de educación superior en la Sociedad del Conocimiento. Disponible en: http://www.educ.ar/educar/kbee:/educar/content/portal-content/taxonomia-recursos/recurso/42b624b5-ee41-45e3-91ef-4df8485ce9b1.recurso/9ac7e881-c07a-4087-afbf-177dce484061/los_sistemas_de_educacion_superior.pdf. [Consultado 12 de junio de 2009].

42. Amezcua Martínez, Manuel; Gálvez Toro, Alberto; Cuesta de la Rosa, Rosa; Heierle Valero, Cristina; Poyatos Huertas, Encarnación. "La pequeña ciencia. Producción, repercusión y transferencia del conocimiento. La enfermería del área lingüística del español y del portugués". Revista *Biblioteca Lascasas*. 2006, 2(2). Disponible en: <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0139.php>. Tipo de documento: Informe de investigación. [Consultado 9 de junio de 2009].
43. Gálvez Toro, Alberto; Amezcua, Manuel; Hueso Montoro, César. "CUIDEN Citación y la valoración de las publicaciones científicas enfermeras. *Index Enferm* [revista en la Internet]. 2005 Mar [citado 2009 Jun 14] ; 14(51): 07-09. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962005000300001&Ing=es. [Consultado 10 de junio de 2009].
44. Escobar, Arturo. *Más allá del Tercer Mundo. Globalización y diferencia*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Universidad del Cauca, 2005. p. 64.
45. Entrevista con el presidente de la Fundación Index de Enfermería, Manuel Amezcua. "Las Enfermeras son la mayor oportunidad que tienen los ciudadanos para apoderarse de las cosas tocantes de su salud". *Enfermería Gaditana* 2007 oct-dic, II(6): 33-36. Disponible en: <http://www.ocenf.org/cadiz/pub.htm> [Consultado 10 de junio de 2009].
46. Amezcua, Manuel. "15 años, 15 logros". *Index Enferm* [revista en la Internet]. 2006 Jun [citado 2009 Jun 14] ; 15(52-53): 09-10. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962006000100002&Ing=es. [Consultado 9 de junio de 2009].
47. Estadísticas del sitio en www.index-f.com
48. Gálvez Toro, A. y cols. "Entre CUIDEN Actualidad y CUIDENplus. La información sobre cuidados de salud más actualizada". *Evidentia* [en línea] 2005 ene-abr, Año 2(4). Disponible en: <<http://www.index-f.com/evidentia/n4/108articulo.php>> [Consultado el 30-11-2007].
49. Amezcua, M. "Universalizar el conocimiento enfermero". *Index Enferm*. 2002; Año XI(39):7-8.
50. Sánchez Martínez V.; Muñoz Izquierdo, A. "El lenguaje estandarizado en las publicaciones enfermeras de salud mental (2002-2007)". *Rev Presencia* [en línea] 2007 jul-dic; 3(6). Disponible en: <<http://www.index-f.com/presencia/n6/83articulo.php>> [Consultado el 30-11-07].
51. Mesa Melgarejo L.; Cenit García, J.; Galindo Hertas, M.; Vico Arrabal, A.; Mesa Hernández, MT. "Cobertura y caracterización de las bases de datos bibliográficas de enfermería del espacio científico iberoamericano". *Desarrollo Cientif Enferm*. 2007; 15(3): 122-130.

52. Gálvez Toro, A.; Amezcua, M.; Salido Moreno, M.P.; Hueso Montoro, C. "Repercusión e impacto de las revistas de enfermería del espacio científico iberoamericano". Año 2006. *Index Enferm*; 2007; Año XVI(57): 83-86.
53. www.index-f.com. *Síntesis de dos décadas de actividad: Celebramos el XX aniversario de INDEX*.
54. Coma i Campany, I.; Dios i Sánchez, R. de; Montcusi i Puig, C. *Fuentes de Información para Enfermería: Comparación entre las Bases de Datos CUIDATGE, CUIDEN y ENFISPO Biblioteca Lascasas* [en línea]. 2007: 3(2). Disponible en: <<http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0217.php>> [Consultado el 30-11-2007].
55. Gálvez Toro, A. Grupo de Estudios Documentales. "Entre CUIDEN Actualidad y CUIDENplus. La información sobre cuidados de salud más actualizada". *Evidentia* 2005 enero-abril; 2(4). Disponible en: <http://www.index-f.com/evidentia/n4/108articulo.php> [ISSN: 1697-638X].
56. Redacción *Evidentia*. "Evidencias sobre la existencia del Espacio Científico Iberoamericano. Se cita, luego existe, dice Kuhn". *Evidentia*. 2007, may-jun; 4(15). Disponible en: <http://www.index-f.com/evidentia/n15/344articulo.php> [ISSN: 1697-638X].
57. Gálvez Toro, A. "La legitimidad del valor de la producción científica enfermera". Editorial Index de Enfermería. Verano 2007, Año XVI. N.º 57. Disponible en <http://www.index-f.com/index-enfermeria/57/6340.php>
58. Romero Ballén, María Nubia. "Jóvenes investigadores. La formación del ser investigador: obstáculos y desafíos". *Index de Enfermería*, verano 2007. Año XVI, N.º 57. Disponible en <http://www.index-f.com/index-enfermeria/57/6340.php>.
59. Hueso Montoro C.; Amezcua, M.; García Aguilar, R.; Lacida Baro, M.; Perz Hernández, R. y Gala Fernández, B. "Quid-iinova 2005-2006". *Index de Enfermería*. Primer trimestre 2008, 17(1).
60. Amezcua, M.; Mesa Melgarejo, L.; Galindo H., S. *Lejaska para la promoción sostenible del conocimiento científico en Boyacá. Proyecto de Cooperación al Desarrollo*. Fundación Index-Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, financiado por la Provincia de Jaén, España, 2007-2009.

Extracción y tratamiento enzimático del almidón de papa, para la obtención de jarabes de glucosa y fructosa

YEMINA PAOLA LÓPEZ RUIZ *
SONIA PATRICIA LIZARAZO HERNÁNDEZ **
NINA JOHANNA URBANO VELÁSQUEZ ***

* Químico de Alimentos - Joven Investigadora, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
Grupo de Investigación Investigadores para el Desarrollo Empresarial y Agroindustrial Sostenible, IDEAS
Correo: yepaloru@gmail.com

** Ingeniera de Alimentos - Investigadora Grupo de Investigación IDEAS - Tutora

*** Química de Alimentos - Integrante Grupo de Investigación IDEAS
Gladys Yaneth Mariño Becerra, Coordinadora Grupo de Investigación IDEAS - Tutora

Resumen

La importancia de la investigación en cualquier Institución de Educación Superior es crucial, debido a que la labor del investigador impacta directamente el desarrollo de la comunidad; por lo anterior el trabajo como Joven investigador Conciencias, en la línea de Investigación en Desarrollo empresarial y Agroindustrial, está encaminado en la búsqueda de innovación y desarrollo de nuevos productos a partir de almidón de papa y otros productos agrícolas, que permitan el aumento de la competitividad y del valor agregado, en beneficio de la SAT papas de Casablanca y del sector agroalimentario.

Consiente de la responsabilidad académica, investigativa y social, es de resaltar la importancia de motivar la articulación entre el sector productivo y educativo, cuyo fin logre encaminar esfuerzos desde la investigación y el desarrollo de nuevos productos a través de estudios de mercados, estos orientados hacia el descubrimiento de la visión de los consumidores, para responder de una manera contundente a las necesidades actuales del mercado nacional con competencias que permitan desenvolverse en el ámbito internacional dentro de los procesos de globalización que hoy se viven.

INTRODUCCIÓN

La papa ocupa un lugar privilegiado en la producción agrícola del país, contándose con diferentes variedades altamente cultivadas en el departamento de Boyacá. Además de pertenecer a una de las cuatro cadenas agroalimentarias establecidas como prioridad de desarrollo; es el tubérculo procedente de la planta *Solanum tuberosum*, proveedora de una gran cantidad de nutrientes y de energía, por su contenido de almidón. Su comercialización en fresco, presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por el consumidor en general.

El principal elemento que afecta la productividad de la industria de procesamiento de la papa, es la no existencia y disponibilidad de variedades que tengan los requisitos fisicoquímicos relacionados con el tamaño, forma, niveles de azúcares reductores, porcentaje de materia seca, color de pulpa y piel, adecuadas para adelantar un eficiente procesamiento industrial.

METODOLOGÍA

Localización. La investigación se desarrollo en el laboratorio de Control Biológico, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Materiales. Obtención y determinación de rendimiento del almidón de las variedades de papa producidas en el municipio de Arcabuco objeto de estudio: La obtención del almidón de las dos variedades de papa seleccionadas, se realizó por el método de decantación (Figura1). Adelantando además, cálculos necesarios para determinar el porcentaje de rendimiento.

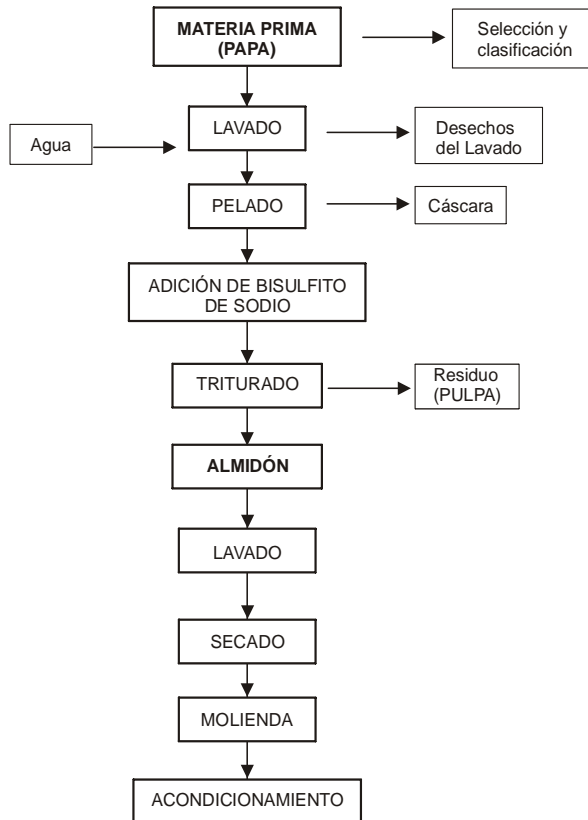


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de almidón de papa (Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2006)

Análisis Proximal: realización de análisis proximal del almidón de papa para las dos variedades en estudio, determinando los porcentajes de humedad (AOAC 7.003/84,930.15/90), proteína (AOAC 84/90), grasa, fibra (AOAC 7.066/84.962.09/90) y cenizas (AOAC 7.009/84,942.05/90), técnicas adaptadas a las condiciones de Laboratorio. El valor del porcentaje de carbohidratos totales se calculó por diferencia.

Hidrólisis enzimática: para la obtención de jarabe de glucosa, se requiere de la realización de dos fases desarrolladas de la siguiente manera:

La primera de licuefacción, utilizando α amilasa y una segunda etapa denominada sacarificación proceso que se efectuó con la enzima amiloglucosidasa (Figura 2).

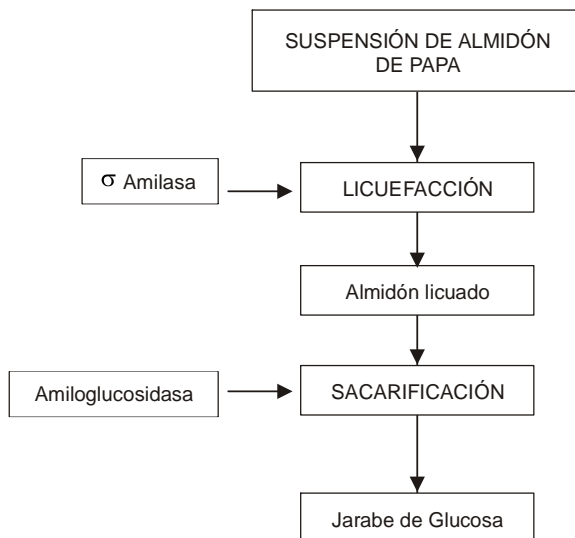


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de Jarabe de Glucosa (Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008)

El comportamiento de la hidrólisis enzimática, se midió según el equivalente de dextrosa DE. Después de la hidrólisis completa del almidón, el jarabe se filtro y centrifugo, para ser sometido a concentración hasta un contenido en sólidos totales superior al 70%.

Isomerización: antes del proceso de isomerización, se requiere activar la enzima teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por la casa comercial y se continúa con el proceso de Isomerización bajo calentamiento y agitación constante (Figura 3); tiempo en el cual se realizó un seguimiento a la actividad enzimática de la glucosa isomerasa, mediante la cuantificación del contenido de fructosa.

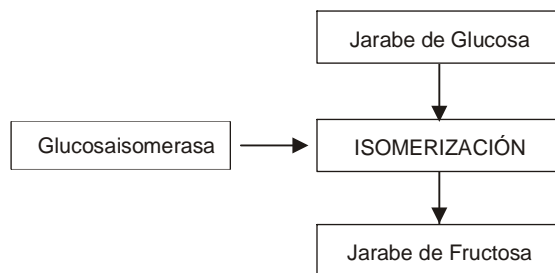


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de Jarabe de Fructosa (Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008)

Caracterización de los subproductos: para la caracterización del jarabe de glucosa y fructosa se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: Humedad, pH, acidez, Grados Brix, densidad, viscosidad, equivalente de dextrosa (DE) y % de fructosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención y determinación de rendimiento del almidón de las variedades de papa producidas en el municipio de Arcabuco objeto de estudio: Para llevar a cabo el proceso de extracción del almidón de papa, se adecuó la materia prima para posteriormente romper la estructura vegetal de la fuente y de esta manera fragmentar las células para que los gránulos de almidón sean liberados y arrastrados como una suspensión en el agua. Dicha suspensión fue purificada separando la fibra y otros productos de la extracción, para finalmente retirar el agua hasta un nivel de humedad entre el 15% al 45% y llevar a la etapa de secado. El proceso de pelado de la papa se realizó de forma manual; inmediatamente se lleva la papa a una solución acuosa de bisulfito de sodio, para evitar el deterioro de su calidad, debido a que la papa presenta compuestos fenólicos, fuertemente oxidables que ocasionan un pardeamiento al tubérculo.

El cuadro 1 muestra los resultados correspondientes al porcentaje de rendimiento para cada variedad. Dichos resultados demuestran que existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento de almidón para las variedades analizadas.

El rendimiento de los almidones de papa por cada 100 g de pulpa expresada en base seca fue de 8,79 g para la variedad Ica Unica y 3.38 g para la variedad Marengo.

Este resultado es relativamente bajo, atribuyéndose a pérdidas durante el pelado de los tubérculos y durante el aislamiento y purificación de los almidones, lo cual se realizó a escala de laboratorio, y de acuerdo a lo reportado en teoría, el contenido en agua para estas dos variedades es alto. Por el contrario, los resultados hallados para las variedades Parda Pastusa, Ica Huila y Tuquerreña (14.04%, 14.87% y 24.15%) expresan un contenido considerable en cuanto a materia seca se refiere, lo que a su vez, permite toda una serie de posibilidades en cuanto a su aprovechamiento industrial, refiriéndose por ejemplo: como adhesivo, ligante, enturbiante, formador de películas, estabilizante de espumas, agente antienviejimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante espesante².

La producción de almidón de papa requiere, como insumos, de variedades con un alto porcentaje de materia seca (más del 25 %); ya que existe una alta correlación entre ésta y el contenido de almidón³. La única variedad de papa que satisface este requisito es la Tuquerreña, lo cual permite observar que los tubérculos empleados como materia prima para cada una de las variedades no es de muy buena calidad, o por lo menos aplicable como uso para la extracción de almidón.

Cuadro 1. (%) de rendimiento

VARIEDAD	
PARDA PASTUSA	ICA UNICA
14.4 %	8.79 %

Fuente: Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008

Análisis proximal del almidón de papa: los resultados obtenidos se compararon con la norma NTC 926; la cual se aplica al almidón de maíz y dado que no se cuenta con una específica para almidón de papa, es necesario emplearla. Los valores en los cuales se establece una gran diferencia son el porcentaje de grasa y de proteína, ya que estos nutrientes están en mayor porcentaje en la papa, que en el maíz.

El cuadro 2 muestra los valores obtenidos del análisis físico-químico de los almidones de papa de las variedades analizadas. Se confirma que estas variedades están compuestas

² docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/almidon_celulosa.pdf

³ GÓMEZ Rosario y WONG David. PROCESAMIENTOS DE LA PAPA. Lima, Perú. www.redepapa.org/wong.pdf.

en mayor proporción por carbohidratos y agua, y se pueden considerar como altas fuentes de energía.

El contenido de proteína y grasa, es bajo y sólo se detectaron niveles traza de fibra (0.01-0.02), tal y como se reportan en otras investigaciones. Los contenidos de nutrientes no difieren significativamente según la variedad. Además, se observa que el Clon Marengo, resultó el almidón con mayor contenido de agua como menor de carbohidratos, siendo intermedio en cenizas y grasa. Respecto al contenido de proteína, grasa y fibra no se encontraron diferencias significativas en las seis variedades analizadas.

El contenido de humedad en los seis almidones de papa fue entre 14.56% y 18.08% variedad Tuquerreña y variedad Ica Única respectivamente; estos resultados difieren con la información reportada por otros estudios para almidón nativo de papa que varía entre 7,00 a 13,3 % (Hoover, 2001; Sangeetha, 2006). Dicha variación puede ser ocasionada por un inadecuado manejo de siembra y producción del tubérculo: baja calidad de la semilla, inadecuado uso de pesticidas, entre otros. En los almidones nativos de papa, no se observa ninguna diferencia significativa en el contenido de fibra (0,05 %) y estos resultados son similares a los realizados en otras investigaciones (Petnamsin et al., 2000; Shamekin et al., 2002).

Los almidones de todas las variedades de papa exceptuando la Clon Marengo y la Ica Única mostraron un alto contenido en Cenizas. El aumento en la cantidad de cenizas se relaciona posiblemente con un aumento en el contenido de minerales en los almidones de papa. Estos resultados son similares a los realizados por otras investigaciones y en las cuales, además se reporta que el contenido de fósforo y de algunos minerales en papa influyen en el contenido final de las cenizas (Hoover, 2002).

El contenido de grasa no mostró diferencias entre los diferentes variedades de almidón papa. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros investigadores, los cuales están entre 0,30 y 0,40 % (Huang, 2001). La proteína presente en el almidón nativo de papa para todas las variedades no presenta diferencias, encontrándose contenidos inferiores a los arrojados por otras investigaciones donde se reportan contenidos de proteína de 0,59 a 0,61 %⁴.

⁴ ALVIS A., VÉLEZ Carlos, VILLADA Héctor y RADA-MENDOZA Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Universidad del Valle. Cali, Valle. 2008. www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n1/art04.pdf

Cuadro 2. Análisis Proximal del Almidón de papa en %

Análisis \ Variedad	Parda Pastusa	ICA Unica	ICA Purace	ICA Huila	Tuque- rreña	Clon Marengo
Humedad (H)	17.20	18.08	17.20	15.23	14.56	18.82
Proteína (P)	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Grasa (G)	0.33	0.35	0.32	0.32	0.35	0.32
Fibra (F)	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Cenizas (Ce)	0.87	0.18	0.52	0.67	0.53	0.39
Carbohidratos Totales (C)	82.76	80.94	81.51	83.34	84.11	80.02

Fuente: Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008

Hidrólisis enzimática: para llevar a cabo este proceso se seleccionaron dos variedades de papa. La parda pastusa, de acuerdo a los análisis fisicoquímicos, específicamente de rendimiento y cuantificación amilosa y amilopectina y además la variedad Ica única, por ser la de mayor oferta de producción en el municipio.

Licuefacción del almidón: para convertir el almidón en azúcares sencillos, uno de los microorganismos que se usaron en el proceso es el *Aspergillus oryzae* cuya enzima ocasiona reacciones que son principalmente de despolimerización del almidón, debilitando las asociaciones moleculares.

La acción de la amilasa de *Aspergillus oryzae*, agregada al sustrato presentó una mayor actividad a un pH ácido, ajustado con buffer de hidróxido de calcio dando como resultado un porcentaje de azúcares reductores de 4.57% para la variedad Parda Pastusa y de 2.19% para la variedad Ica Única. Esta diferencia se debe a que la eficiencia de la α -amilasa siempre va a ser más favorecida a concentraciones mayores de amilosa⁵. Así, al analizar los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de amilosa se refiere, el obtenido de la variedad Parda Pastusa es menor que el de la variedad Ica Única.

Sacarificación del almidón: llevado a cabo el proceso de licuefacción, es necesario agregar al sustrato parcialmente hidrolizado la glucoamilasa para escindir los enlaces 1-6 de la amilopectina.

⁵ DOMINIC W. S. Wong. Química de los Alimentos. Mecanismos y Teoría. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 1995.

La acción de la glucoamilasa de *Aspergillus niger* agregada al hidrolizado producto de la licuefacción, presentó una mayor actividad ajustando el pH del medio con una solución de ácido clorhídrico, dando como resultado un porcentaje de azúcares reductores de 14.43% para la variedad Parda pastusa y 12.6% para la variedad Ica Única. Este resultado, además de reafirmar lo anteriormente dicho, es originado al hecho de que en la variedad Ica Única, la hidrólisis se ve más dificultada debido a que la cantidad de enlaces á 1-6 de amilopectina es mayor que en la variedad Parda pastusa.

Isomerización: el rendimiento de isomerización aportado por la enzima empleada en el proceso, (17%) es inferior a lo reportado por otras investigaciones el cual está alrededor del 40%⁶. Por tal motivo, la cantidad de fructosa obtenida del jarabe de glucosa de almidón de papa (0,86%) no es considerable, debido al reducido porcentaje de azúcares reductores obtenidos a partir de las muestras analizadas; por ende, se puede deducir que el rendimiento de la enzima es óptimo pero la disposición de azúcares por catalizar reduce la cantidad de fructosa a obtener.

Caracterización de los subproductos:

- **Jarabe de glucosa:** la caracterización del jarabe de glucosa, es un parámetro muy importante para evaluar las posibles aplicaciones de este en los alimentos. En el cuadro 3 se presenta la composición fisicoquímica del jarabe de glucosa.

El hidrolizado obtenido es un líquido poco viscoso, de color amarillo claro cristalino, de sabor y olor característicos. El porcentaje de sólidos y acidez presente en el jarabe de glucosa corresponden a los valores estándar recomendados para este tipo de productos; según la Norma del Codex Stan 212-1999 para los Azúcares. Además el pH se ajusta a lo requerido para que haya una calidad final de aceptabilidad y estabilidad durante el almacenamiento del producto.

En cuanto al Porcentaje de Equivalente de Dextrosa (%ED), valores reportados por una ficha técnica comercial comparados con los jarabes obtenidos a partir de almidón de papa, sugieren clasificarse como un jarabe de glucosa de bajo equivalente Dextrosa, el cual es inferior a 35% ED.

⁶ International Starch Institute. Parque De Ciencia Aarhus, Dinamarca Memorándum técnico de ISI en los jarabes del dulcificante. 1999. www.starch.dk/isi/glucose/tmggluc-spanish.htm

Cuadro 3. Caracterización fisicoquímica Jarabe de Glucosa

ALMIDÓN DE PAPA	JARABE DE GLUCOSA CONCENTRADO						
	pH	Acidez*		° BRIX	Densidad	AR	% DE
Parda Pastusa	5.06	6.5 ml	0.416	77	16.43	33.24	33.24
ICA Única	5.21	5.5 ml	0,352	75	12.60	25.71	25.71

*Acidez expresada en ácido cítrico

- **Jarabe de fructosa:** de acuerdo a lo reportado en el cuadro 4, los valores de pH y acidez del jarabe de fructosa obtenido, se encuentran dentro del rango estándar comercial. De la misma forma, en el contenido de sólidos solubles tampoco hubo diferencia significativa entre el jarabe y lo reportado por la ficha técnica comercial; lo cual a su vez ratifica una buena calidad del producto final.

Cuadro 4. Caracterización fisicoquímica Jarabe de Fructosa

ALMIDÓN DE PAPA	JARABE DE FRUCTOSA CONCENTRADO					
	pH	Acidez *		° BRIX	Densidad	% de Fructosa
Parda Pastusa	5.16 14.3 °C	2.55 ml	0.1632	76	1,4033	0,69
ICA Única	5.33 14.3 °C	2.20 ml	0.1408	78	1,4138	0.86

*Acidez expresada en ácido cítrico

CONCLUSIONES

- El jarabe de glucosa obtenido es un producto viscoso, color ambar. Se podría utilizar, junto con azúcar en la elaboración de dulces y mermeladas, helados, dando brillo y flexibilidad a las coberturas de chocolate, productos lácteos, panificación y galletería.
- Producción de Jarabes de glucosa y fructosa a partir de almidón de papa, utilizando la hidrólisis e isomerización enzimática respectivamente. Para ello se tuvieron en cuenta variables como enzimas a diferentes temperaturas, pH y concentraciones de sustrato y se estandarizó las condiciones del proceso de obtención.
- En cuanto al color observado en los jarabes, presentan una tonalidad más oscura que los jarabes de glucosa comerciales, esto puede deberse al alto contenido de cenizas que

proporciona cierta turbiedad al jarabe. Esto muestra que tan importante es la refinación del producto de la isomerización, a través de tratamiento con carbón activado o columnas de intercambio iónico donde se puede eliminar el color y obtenerse un jarabe transparente, aunque esto último dependerá de la aplicación eventual dada al jarabe.

- De los resultados obtenidos en el laboratorio se estableció, cuáles de las variedades de papa producidas por la SAT, presentan un mejor comportamiento durante el proceso de hidrólisis, igualmente que variedades proporcionan un jarabe con las características requeridas a nivel industrial y un mejor comportamiento durante el almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIS A., VÉLEZ Carlos, VILLADA Héctor y RADA-MENDOZA Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Universidad del Valle. Cali, Valle. 2008. www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n1/art04.pdf
- BOU RACHED, A DE VIZCARRONDO, RINCÓN, PADILLA. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 2008. www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=pt&nrm=iso&ting=es
- BOYACÁ en Cifras 2004-2005. DANE.
- DOMINIC W. S. Wong. Química de los Alimentos. Mecanismos y Teoría. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 1995. El correo de la papa, junio de 2002
- FERNÁNDEZ SEVILLA, José María. Hidratos de carbono y su aprovechamiento. Dpto. Ingeniería Química www.ual.es/docencia/jfernand/ATA/Tema5/Tema5-HidratosCarbono.pdf
- GARCÍA Roman Miguel. Transformaciones de Almidones. Universidad de Granada, Departamento en Ingeniería Química. Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Tecnología de los Cereales. Curso 2007/2008. España. www.emagister.com/uploads_courses/files_project_1/9023-guia.pdf
- GIRALDO OSPINA Jaime A y CORREA QUICENO María José, Diseño de Un proceso batch para la obtención de dextrosa por hidrólisis enzimática del almidón. Santiago de Cali. Valle del Cauca. 1995
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ Jorge y MOLINA CÓRDOBA Manuel, Estudio de los factores que afectan la hidrólisis enzimática y el proceso fermentativo para la producción de alcohol a partir de papa. www.hiddenwaterfalls.com/ingenieria/ing001-02.pdf
- HERNÁNDEZ Juan Pablo, RODRÍGUEZ Sandra Leticia y BELLO Luis Arturo. Obtención de jarabe fructosado a partir de almidón de plátano (*musa paradisiaca* L.). Caracterización parcial. INCI vol.33 No.5 Caracas Mayo 2008. <http://www.cermav.cnrs.fr/poly/frontsug/ABST/AmyB-abstr.html>

“Hidrogenación catalítica de aldehídos A,B-insaturados”

JULIE JOSEANE MURCIA MESA*

* Químico de Alimentos - Joven Investigadora, 2006 - 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación Catálisis UPTC
Correo: julieoseane@yahoo.es

** Hugo Alfonso Rojas Sarmiento, Director Grupo de Catálisis UPTC - Tutor

Resumen

Durante el desarrollo del trabajo como Joven Investigador, es mucho lo que puede lograrse en el avance de la investigación científica, con importantes contribuciones para el desarrollo regional y nacional. Este capítulo es el resultado de este extenso trabajo y se dedica principalmente a abordar el estudio y la descripción de los principales trabajos de investigación desarrollados dentro del Grupo de Catálisis de la UPTC, relacionados con la hidrogenación catalítica de aldehídos *a,b*-insaturados, e incluidos en los compromisos adquiridos como Joven Investigadora Colciencias. Inicialmente se presenta un referente teórico de los aspectos a tratar en esta contribución, seguida de los principales adelantos logrados en la hidrogenación de aldehídos insaturados, en cuya investigación en Colombia es pionero el Grupo de Catálisis de la UPTC.

1. INTRODUCCIÓN

La hidrogenación selectiva de aldehídos α,β -insaturados a alcoholes insaturados ha sido objeto de numerosas investigaciones a lo largo de la última década, debido principalmente a que este es un paso de gran interés en la preparación de varios compuestos en química fina y adicionalmente los alcoholes insaturados tienen muchas aplicaciones en la producción de intermediarios farmacéuticos [1,2] y un interés científico específico [3], teniendo en cuenta que termodinámicamente se favorece la hidrogenación del enlace C=C sobre el grupo C=O (la entalpía de reacción es fuertemente negativa de 35 kJ.mol⁻¹), y por razones cinéticas el enlace C=C es más reactivo que el grupo C=O.

Desde el punto de vista industrial (por su amplia aplicación y valor agregado) y científico (hidrogenación del enlace C=O), en la hidrogenación de aldehídos insaturados es de mayor interés la obtención alcoholes insaturados, sobre los demás productos de reacción (aldehídos saturados, alcoholes saturados, e.t.c.). Es necesario entonces encontrar catalizadores eficientes, que controlen la selectividad intramolecular para hidrogenar preferencialmente el grupo C=O, mientras se mantiene intacto el doble enlace olefínico.

Dentro de los aldehídos insaturados cuya hidrogenación reviste mayor importancia industrial encontramos la acroleína, de la cual se deriva el Alcohol alílico útil en la síntesis de glicerol, alil ésteres y epoxidación [2]; el crotonaldehído para producción de Alcohol Crotilico para producción farmacéutica y de fragancias [4-7]. Estos dos primeros aldehídos están estrechamente relacionados con problemas de contaminación ambiental, de ahí la importancia de encontrar alternativas de transformación de estos compuestos en sustancias químicas ambientalmente amigables y de utilidad industrial, objetivo al que contribuyen de manera importante los procesos catalíticos.

El citral es un aldehído de amplio reconocimiento en química, pues se deriva de fuentes tan diversas como los frutos cítricos, donde se obtiene como producto secundario del metabolismo vegetal, del citral pueden obtenerse alcoholes insaturados (geraniol y nerol) de alto valor agregado y amplia utilidad en la industria de aromas, saborizantes y de perfumería. El furfural es un subproducto principal de la industria de la caña, que puede aprovecharse para la obtención de alcohol furfúrico.

A continuación se incluyen algunas precisiones relacionadas con los principales aldehídos insaturados, cuya hidrogenación, actualmente tiene gran importancia industrial:

Acroleína

Por hidrogenación de acroleína (figura 1) se produce el aldehído saturado, propionaldehído, o el alcohol insaturado Alcohol alílico, de mayor importancia industrial [2,8]. La hidrogenación de Alcohol alílico, puede dar origen a diferentes productos de reacción por isomerizaciones o hidrogenólisis. La orientación de la ruta de reacción puede depender del efecto del soporte sobre las propiedades catalíticas del metal depositado [9].

Entre los aldehídos insaturados, la acroleína es el más difícil de hidrogenar en su grupo C=O. Usando elementos del Grupo VIII depositados en soportes no reducibles se ha obtenido una selectividad hacia el Alcohol alílico menor al 10%, siendo el propanal el principal producto de reacción [10]. La disminución de la selectividad en esta reacción es causada por ausencia del efecto estérico que podría generar un grupo sustituyente sobre el enlace C=C, como en el caso del aldehído insaturado crotonaldehído [11].

Crotonaldehído

La hidrogenación de crotonaldehído a Alcohol Crotilico es de gran interés comercial específicamente para producción farmacéutica y de fragancias [12,13], esta reacción también es de interés científico pues, la obtención del butanal como aldehído saturado se encuentra favorecida termodinámica y cinéticamente, sobre la hidrogenación hacia el alcohol insaturado, debido a la gran susceptibilidad de hidrogenación del enlace C=C (578.8 kJ/mol) comparado con el C=O (705.8 kJ/mol) [14-16]. La reacción de hidrogenación, puede orientarse por diferentes rutas, como se muestra en la figura 2 [17].

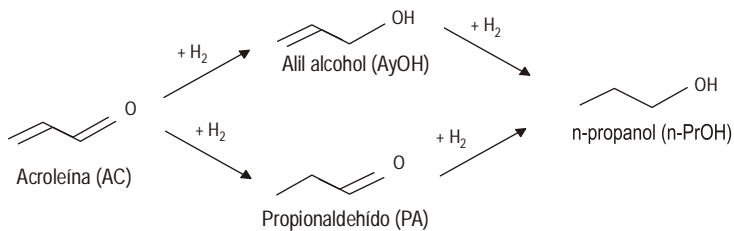


Figura 1. Ruta de hidrogenación de Acroleína.

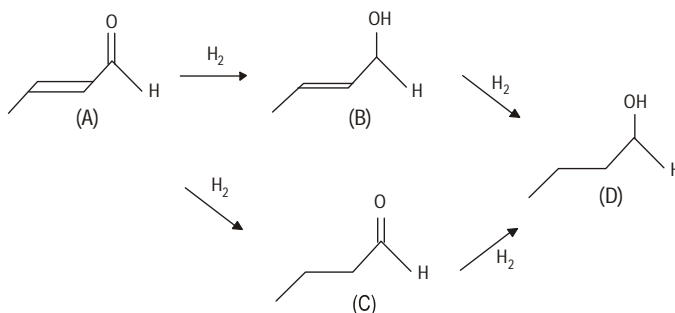


Figura 2. Hidrogenación del Crotonaldehído. (A) Crotonaldehído; (B) Alcohol Crotilico; (C) Butiraldehído; (D) Butanol.

Citral

La hidrogenación de citral es un proceso de creciente interés en el campo de la química fina [1]. Esta reacción ha sido ampliamente estudiada [18-22], orientada a la producción de sus alcoholes insaturados geraniol y nerol, sin embargo la selectividad de la reacción, puede cambiar por hidrogenaciones sucesivas de estos alcoholes insaturados a compuestos como citronelal y citronelol, entre otros, como puede observarse en la figura 3.

Furfural

El furfural (2-furancalbaldehído), es un compuesto químico de gran utilidad en la industria de fragancias, se obtiene por hidrólisis ácida de residuos de celulosa con calentamiento en solución acuosa de HCl [23]. Por hidrogenación del furfural se obtienen furfuralalcohol, 2-metilfurano y tetrahidrofurano, entre otros (figura 4) [23].

El 2-metilfurano es intermediario en la síntesis de pesticidas, en perfumería y en obtención de productos farmacéuticos [24]. El tetrahidrofurano se usa como material crudo para fibras expandibles y elastómeros de poliuretano y como [25].

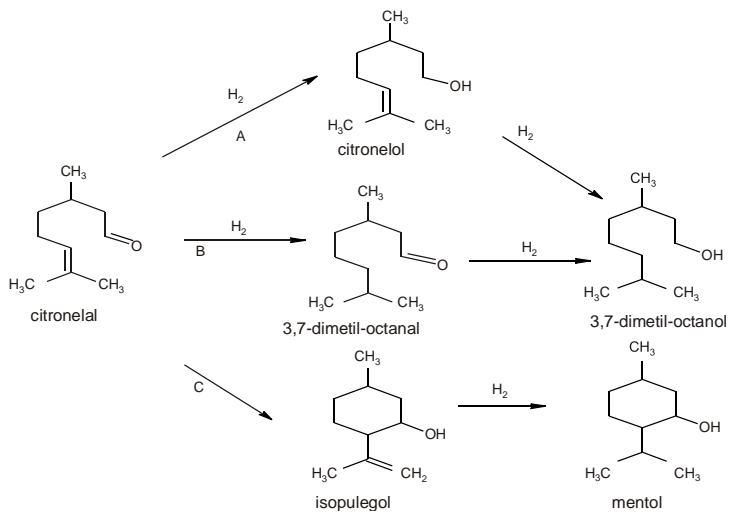


Figura 3. Reacciones de citronelal sobre catalizadores de Ir.

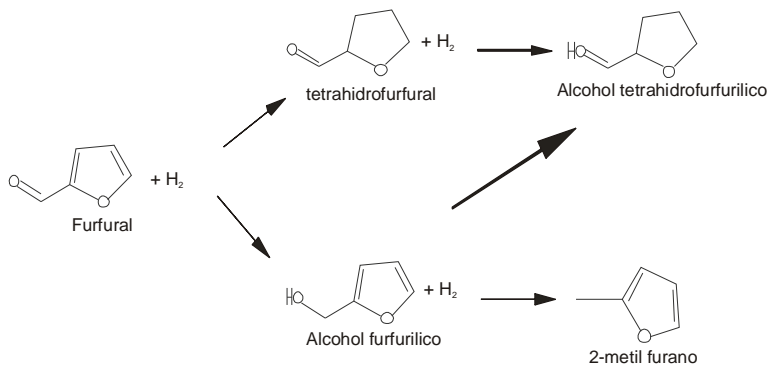


Figura 4. Esquema de reacción para la hidrogenación de furfural.

El alcohol furfurilico, es intermediario químico imprescindible en la síntesis de lisina y vitamina C, se usa en la producción de lubricantes, agentes dispersantes y plastificantes [23-25], en la producción de resinas, para elaborar fibras sintéticas,; también para el laminado de resinas para equipos con fibra de vidrio [26], para química farmacéutica y otras síntesis químicas [25,26]. La obtención convencional del alcohol furfurilico se realiza por reducción del furfural, sobre cromita de cobre (Cu-Cr) como catalizador, a presiones y temperaturas altas, obteniéndose una selectividad moderada hacia el alcohol furfurilico. El gran inconveniente de la cromita de cobre, es su toxicidad, y su impacto ambiental [26].

Lo anteriormente mencionado ofrece una panorámica general de las temáticas abordadas por el Grupo de Catálisis de la UPTC, en relación con la hidrogenación de aldehídos a,b-insaturados, los trabajos de investigación realizados a la fecha se han centrado en la búsqueda y diseño permanente de catalizadores activos y selectivos para la hidrogenación de estos compuestos, que permitan la obtención de productos en menor tiempo y por ende con una mayor velocidad de reacción; con un alto grado de pureza de los productos; con catalizadores que pueden ser reutilizados para un importante número de reacciones químicas y con el menor impacto ambiental. Estas consideraciones se traducen para la industria en una disminución de gastos y en la aplicación de procesos ambientalmente amigables, lo que sin duda es la tendencia mundial, orientada a la protección del planeta.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de investigación en hidrogenación de aldehídos a,b-insaturados se han desarrollado siguiendo una metodología planteada en tres fases principales: Preparación de catalizadores, caracterización de los materiales preparados y evaluación de la actividad catalítica. A continuación una breve descripción de la metodología empleada:

2.1 Preparación de Catalizadores

En las investigaciones adelantadas se han utilizado principalmente catalizadores metálicos, dentro de los que se cuentan Iridio y Platino soportados en diferentes óxidos como titania (TiO_2), sílice (SiO_2), niobia (Nb_2O_5) y alúmina (Al_2O_3). La preparación de los catalizadores se ha basado en dos métodos principales: impregnación húmeda y grafting o anclaje.

2.1.1 Catalizadores de Ir o Pt soportado

Los catalizadores metálicos soportados se prepararon por impregnación húmeda de soportes comerciales como TiO_2 , SiO_2 , Nb_2O_5 o alúmina, con un precursor metálico (H_2IrCl_6 o H_2PtCl_6 , Aldrich >99 %), para obtener un 1% en peso de metal. Luego de la impregnación, las muestras se secaron a 373 K por 24 h y se calcinaron a 673 K por 4 h, posterior reducción en hidrógeno a 473 K (LT: baja de temperatura de reducción) o 773 K (HT: alta temperatura de reducción) durante 2 h. La figura 5 [27], describe lo anteriormente expuesto.

La síntesis de los catalizadores soportados en óxidos mixtos (TiO_2 - SiO_2) se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Hoffman *et al.*, [28]; en la cual una solución de isopropóxido de titanio, se adicionó a sílice comercial Syloid-266 (Grace Davidson), previamente secada al vacío a 423 K. La mezcla resultante se mantuvo durante 16 h bajo agitación, en reflujo y atmósfera inerte; posteriormente se filtró con lavados sucesivos de agua deionizada. El sólido resultante (G1) se secó al vacío durante 5 h a 423K (figura 4).

Para obtener los catalizadores Ir/G1, una parte del material obtenido G1, se impregnó con una solución acuosa del precursor metálico en proporción del 1% de metal. Los sólidos impregnados se secaron a 343 K por 6 h en un rota-evaporador seguido por calcinación a 673 K durante 4 h. Posteriormente se redujeron en atmósfera de hidrógeno a 473 K o 773 K por 2 h, obteniéndose catalizadores Ir/G1LT o Ir/G1HT, respectivamente (figura 6) [27].

2.2 Caracterización de Catalizadores

La caracterización de los catalizadores incluyó diferentes técnicas de análisis, de gran utilidad para comprender el comportamiento de los mismos relacionándolo con los resultados de evaluación catalítica. A continuación se indican las principales técnicas de caracterización utilizadas. Cabe mencionar que el Grupo de Catálisis de la UPTC, cuenta con la colaboración de diferentes centros de Investigación como la Universidad de Concepción – Chile y el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica de Madrid.

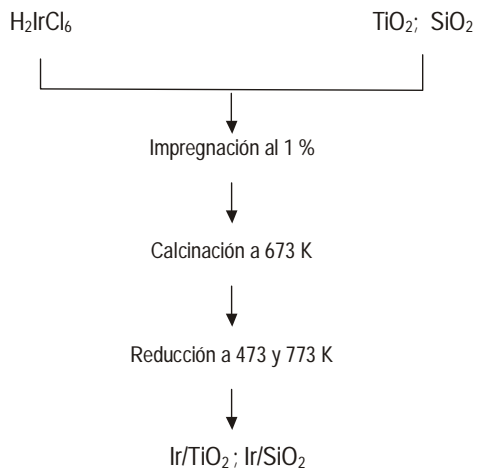


Figura 5. Método de preparación de catalizadores monometálicos Ir/TiO₂; Ir/SiO₂.

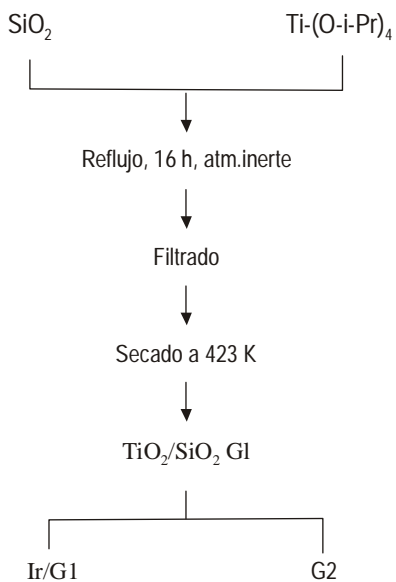


Figura 6. Método de preparación de catalizadores con soportes mixtos TiO₂/SiO₂

2.2.1 Determinación de superficie específica y porosidad: se determinó por adsorción física de N_2 , empleando un equipo comercial de adsorción-desorción Micromeritics ASAP 2010. Esta técnica brinda información a cerca del área superficial y la distribución de tamaños de poro en el catalizador.

2.2.2 Difracción de rayos X (DRX): mediante esta técnica se obtuvo información de posibles fases presentes y cristalinidad de las muestras. Se usó de un difractómetro Broker Advanced D8.

2.2.3 Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM): por esta técnica se determinó el tamaño de cristal metálico en un microscopio Tecnai 20.

2.3 Evaluación de la Actividad Catalítica

Las reacciones de hidrogenación de los diferentes aldehídos a,b-insaturados se llevó a cabo en un reactor tipo batch (Figura 7), con solución 0.01M de aldehído Merck 99%, (cital, acroleína, crotonaldehído o furfural), con solvente heptano, durante 7 h de reacción, a 363 K y 90 bar, en atmósfera de H_2 y 0.2g de catalizador. El seguimiento de la reacción se realizó por Cromatografía de Gases en un Varian 3400, con He como gas de arrastre y columna HP-Wax (30m x 0.53mm x 1.0 μ m) y los productos de reacción analizados por GC/MS (Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas) en Varian 3800/Saturn 2000 (Figura 8).



Figura 7. Reactor tipo Batch.



Figura 8. Sistema GC/MS (Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo experimental se han obtenido importantes resultados que han permitido lograr avances importantes en el campo de aplicación de la hidrogenación de aldehídos α , β -insaturados. Así en las secciones siguientes se resumen los principales avances obtenidos en este campo de investigación por el Grupo de Catálisis de la UPTC.

3.1 Caracterización de los catalizadores

A continuación se estudian los principales resultados de caracterización, de gran relevancia para comprender los mecanismos de la reacción y de las propiedades del catalizador.

3.1.1 Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM)

Las Micrografías mostradas en la figura 9, [27] muestran la morfología de catalizadores de Ir soportado, esta técnica da cuenta del tamaño de partícula de los catalizadores analizados, adicionalmente podemos observar la distribución del metal sobre el soporte, que habla de la adecuada síntesis de los catalizadores, en la fig. 9a y 9b podemos observar con claridad las partículas del metal.

3.1.2 Difracción de Rayos X: la figura 10 [29], muestra el Difractograma obtenido para catalizadores de Platino soportado en diferentes óxidos, (TiO_2 , Nb_2O_5 , SiO_2 ; Al_2O_3). Como puede observarse las figuras 9a y 9b, indican difractogramas característicos de muestras cristalinas, en tanto que 9c y 9d, corresponden a muestras amorfas. Lo anterior es el resultado de los soportes que transmiten sus propiedades al catalizador, así Titania y niobia son óxidos cristalinos, en tanto que sílice y alúmina son óxidos amorfos.

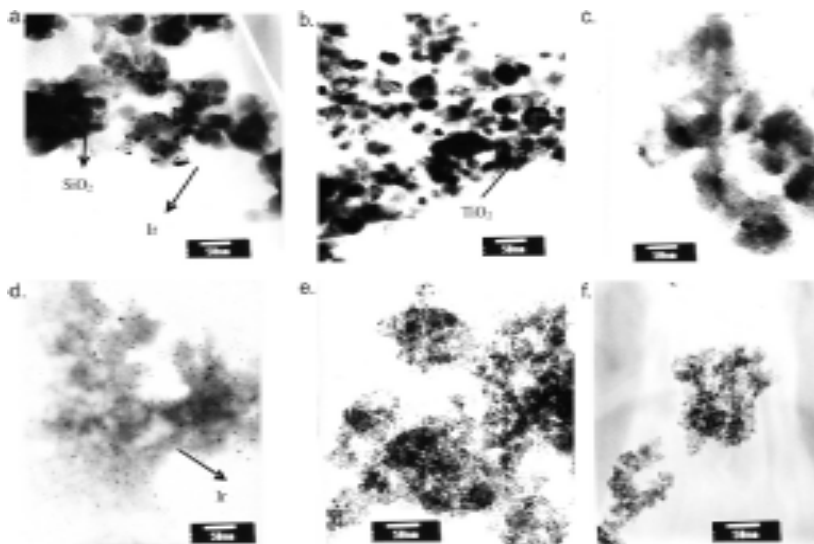


Figura 9. Micrografías de TEM a campo claro para los catalizadores estudiados; a. Ir/SiO₂; b. Ir/TiO₂; c. Ir/G1 HT; d. Ir/G2 HT; e. Ir/G3 HT; f. Ir/G4 HT.

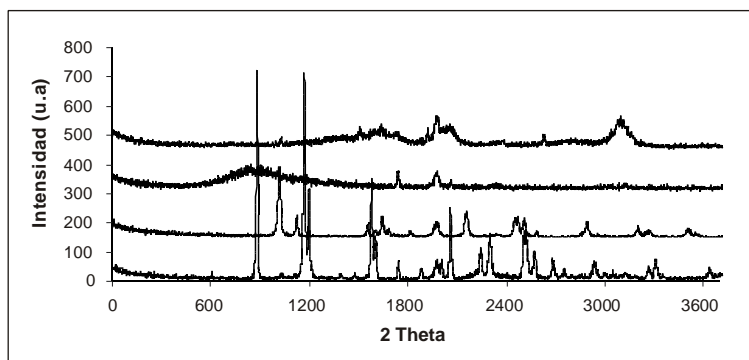


Figura 10. DRX para catalizadores de Pt soportado reducidos a alta temperatura (HTR). a. Pt/TiO₂; b. Pt/Nb₂O₅; c. Pt/SiO₂; d. Pt/Al₂O₃.

La tabla 1 [27] indica los principales resultados derivados de la caracterización de catalizadores de Ir soportado, por Quimisorción de Hidrógeno de donde se deriva la relación H/M (Hidrógeno/Metal) útil para determinar los sitios activos en el catalizador, así puede observarse que el catalizador con mayor relación H/Ir, indica una mayor cantidad de sitios hidrogenantes. La superficie específica de los catalizadores indica que los catalizadores soportados en SiO₂, tienen mayor área superficial que los catalizadores soportados en TiO₂, lo que se explica en función de la alta porosidad de la sílice, de igual manera en los catalizadores soportados en el óxido mixto TiO₂- SiO₂ (Serie G), se observa un aumento en el área superficial, dada la combinación de estos dos óxidos. Los análisis TEM, indican un tamaño de partícula metálica homogéneo para los catalizadores analizados, excepto para Ir/SiO₂, donde se ve un incremento de los valores, debido posiblemente a la formación de clusters metálicos durante la síntesis del catalizador.

Tabla 1. Relación H/Ir, Superficie específica, Tamaño de partícula para catalizadores de Ir soportado.

Catalizador	H/Ir	SBET, m ² g ⁻¹	dTEM (nm)
Ir/SiO ₂ LT	0,020	290	3,1
Ir/TiO ₂ LT	0,090	39	1,2
Ir/G1 LT	0,390	283	1,2
Ir/G2 LT	0,250	273	1,4
Ir/G3 LT	0,260	271	1,3
Ir/G4 LT	0,270	254	1,3
Ir/SiO ₂ HT	0,186	290	3,2
Ir/TiO ₂ HT	0,030	39	1,3
Ir/G1 HT	0,026	280	1,3
Ir/G2 HT	0,043	273	1,4
Ir/G3 HT	0,086	261	1,3
Ir/G4 HT	0,017	253	1,3

3.2 Evaluación de la Actividad Catalítica

La evaluación de la actividad catalítica brinda importante información a cerca del comportamiento de los catalizadores, en determinada reacción de hidrogenación, de esta manera logra establecerse la eficiencia del catalizador para transformar el aldehído insaturado al producto de interés, el alcohol insaturado. Principalmente se analizan tres aspectos principales: Porcentaje de Conversión del reactivo en productos;

Actividad inicial, que hace referencia a la actividad de los catalizadores durante las primeras horas de reacción y TOF (Turn Over Frequency), que se refiere a las moléculas transformadas por sitio activo. Entonces es con estos parámetros con los que logra establecerse cual de los catalizadores preparados y evaluados resulta más adecuado para hidrogenar determinada molécula de aldehído.

La figura 11 muestra las gráficas relacionadas con la evolución de la conversión en función del tiempo de reacción para la hidrogenación de diferentes aldehídos estudiados. Podemos observar que a medida que aumenta el tiempo de reacción, lo hace también el porcentaje de conversión, lo que indica que los catalizadores analizados en cada caso son activos en la reacción de hidrogenación. Cada uno de los catalizadores evaluados permitió obtener porcentajes de conversión aceptables en las reacciones donde fueron utilizados, sin embargo se prefieren catalizadores que exhiban altos niveles de conversión, actividad y selectividad, como se verá más adelante.

La tabla 2, que se muestra a continuación, presenta los principales resultados derivados de la evaluación de la actividad catalítica en reacciones de hidrogenación de aldehídos como acroleína, crotonaldehído, furfural y citral [20,27,29]. Vale la pena notar que solo se indican los catalizadores que resultaron activos y selectivos en las reacciones evaluadas. Se toma el catalizador Ir/SiO₂ LT, como catalizador de referencia, dado que el soporte sílice no interviene en la reacción catalítica y este no está influenciado por la temperatura de reducción, lo que permite observar la diferencia con los demás ensayos. Las letras HT y LT, indican la temperatura de reducción a la que fueron sometidos los catalizadores alta (773 K) y baja (473 K) temperatura respectivamente.

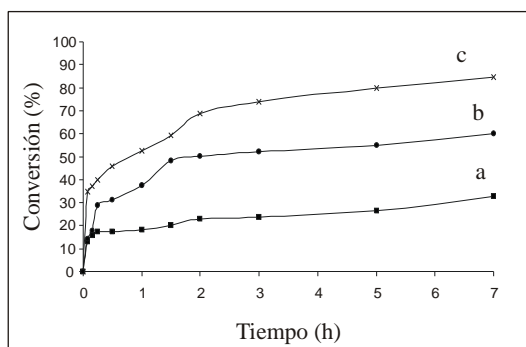


Figura 11a. Evolución de la conversión en la hidrogenación de acroleína sobre catalizadores de Ir soportado. a. Ir/G; b. Ir/SiO₂; c. Ir/TiO₂.

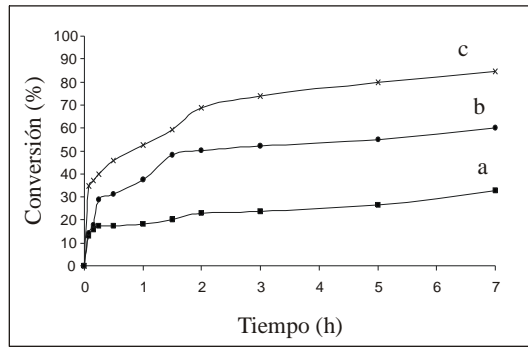


Figura 11b. Evolución de la conversión en la hidrogenación de crotonaldehído sobre catalizadores de Ir soportado. a. Ir/SiO₂; b. Ir/TiO₂; c. Ir/G₄

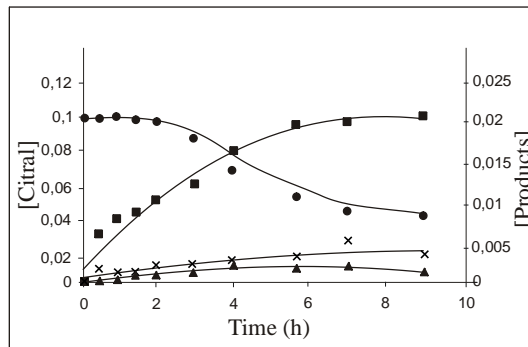


Figura 11c. Evolución de la conversión de citral sobre catalizadores de Ir soportado. a) Citral b) Geraniol + Nerol c) Citronelol d) Acetales + Hemiacetales.

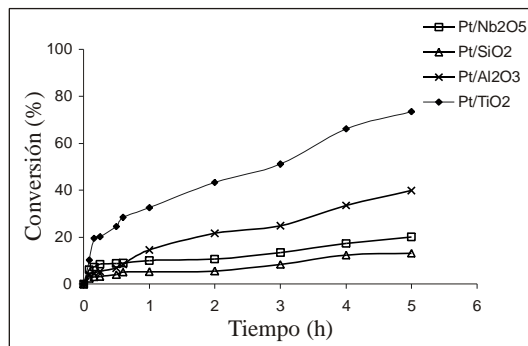


Figura 11d. Evolución de la conversión de furfural sobre catalizadores de Pt soportado.

Tabla 2. Cuadro comparativo resultados de evaluación de la actividad catalítica para la hidrogenación de acroleína, crotonaldehído, furfural y citral sobre catalizadores metálicos soportados (Resultados reportados a 1 h de reacción).

Aldehído	Catalizador	Conversión (%)	Actividad Inicial ($\mu\text{mols}^{-1}\text{g}^{-1}$)	TOF (s^{-1})	Producto de interés	Selectividad (%)
Acroleína	Ir/SiO ₂ LT	4.1	0.2	0.3	Alcohol Alílico	100
	Ir/TiO ₂ LT	25.5	5.3	1.2		
	Ir/TiO ₂ HT	37.7	10.1	6.5		
Crotonal-dehído	Ir/SiO ₂ LT	14.9	11.0	0.3	Alcohol Crotilico	100
	Ir/TiO ₂ LT	22.3	22.0	1.14		
	Ir/TiO ₂ HT	37.7	23.9	6.5		
	Ir/G ₄ HT	52.4	58.3	66.0		
Furfural	Pt/SiO ₂ LTR	3,4	0,05	0,005	Furfuril alcohol	100
	Pt/TiO ₂ HTR	25,7	1,0	0,12		100
	Pt/TiO ₂ LTR	19,0	0,7	0,05		100
	Pt/Al ₂ O ₃ HTR	16,1	0,6	0,01		42 (acetales)
	Pt/Al ₂ O ₃ LTR	16,1	0,6	0,01		85
		24,2	0,9	0,02		15 (acetales)
Citral	Ir/SiO ₂ LT	3	0.065	0.006	Geraniol + Nerol	44
	Ir/Nb ₂ O ₅ HT	37	0.077	0.039		56 (Citronelal + Citronelol)
						82
						18 (Citronelal + Citronelol)

Como se puede observar los catalizadores de metal soportado en sílice, ofrecen los resultados catalíticos menos apreciables, es por esto que a partir de estos resultados se diseñan nuevos catalizadores que puedan mejorar el comportamiento catalítico en las reacciones de hidrogenación. En la tabla 2, se puede observar que los catalizadores reducidos a altas temperaturas (HT) y soportados en óxidos parcialmente reducibles como TiO₂ y Nb₂O₅, presentan los mayores porcentajes de conversión, actividad y selectividad. Este ha sido quizá uno de los mayores aportes a la investigación realizado por el Grupo de Catálisis de la UPTC, pues el comportamiento exhibido por estos catalizadores se atribuye principalmente al denominado efecto SMSI (Strong Metal Support Interaction), el cual se describe como una fuerte interacción entre el metal

y el soporte, donde especies parcialmente reducidas del soporte migran sobre los cristallitos metálicos, cargando positivamente la superficie del catalizador, permitiendo orientar la molécula de aldehído de tal manera que se hidrogene preferencialmente el enlace C=O, que lleva a un aumento en la selectividad hacia el alcohol insaturado y en factores como conversión actividad y TOF. De manera general, podemos observar que los catalizadores analizados presentan una selectividad hacia el producto de interés el correspondiente alcohol insaturado, de cerca del 100%, en algunos casos la selectividad disminuye por acción de la acidez del soporte que lleva a reacciones laterales que derivan en la obtención de productos de reacción secundarios.

4. CONCLUSIONES

- Resultados de caracterización por Quimisorción de H₂ y XPS, permitieron confirmar que los óxidos parcialmente reducibles presentan el efecto SMSI en los catalizadores reducidos a alta temperatura (773 K).
- El efecto SMSI generado en los catalizadores (HT) favorece de manera importante el comportamiento catalítico, tanto en la hidrogenación los aldehídos analizados.
- Los resultados de la evaluación catalítica logrados por el Grupo de Catálisis en sus investigaciones han permitido incrementar de manera importante la selectividad hacia los diferentes productos de interés buscados, en tiempos de reacción muy cortos y con la posibilidad de reutilizar los materiales catalíticos. Lo anterior, sin duda permitirá a futuro escalar a procesos industriales las metodologías de laboratorio aplicadas actualmente en el Grupo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CLAUS, P. Heterogeneously catalysed hydrogenation using gold catalysis. *Appl. Catal.*, 291, 222-229, 2005.
- [2] Groling, J, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, seventh ed, Willey-VCH, Weinheim. Available: <http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/>. Electronic Release. 2003.
- [3] CLAUSS, P. Selective hydrogenation of α,β -unsaturated aldehydes and other C=O and C=C bonds containing compounds *Topics Catal.*, 5, 51-62, 1998.
- [4] R. ZANELLA, C. LOUIS, S. GIORGIO, R. TOUROUDE. Crotonaldehyde

- hydrogenation by gold supported on TiO_2 : structure sensitivity and mechanism, *J. Catal.* 223 (2004) 328–339.
- [5] J.J. BAILIE, G.J. HUTCHINGS. Promotion by sulfur of Ag/ZnO catalysts for the hydrogenation of but-2-enal, *Catal. Commun.* 2 (2001) 291–294.
- [6] J.J. BAILIE, H.A. ABDULLAH, J.A. ANDERSON, Hydrogenation of but-2-enal over supported Au/ZnO catalysts, *PCCP* 3 (2001) 4113–4121.
- [7] J.J. BAILIE, G.J. HUTCHINGS. Promotion by sulfur of gold catalysts for crotyl alcohol formation from crotonaldehyde hydrogenation, *Chem. Commun.* (1999) 2151–2152.
- [8] M BRON, D TESCHNER, A KNOP-GERICKE, B STEINHAUER. CLAUS P. (2005). Bridging the pressure and materials gap: in-depth characterisation and reaction studies of silver-catalysed acrolein hydrogenation. *J. Catal.* 234 (2005) 37–47.
- [9] C HOANG-VAN, O ZEGAOUI. Studies of high surface area Pt/MoO₃ and Pt/WO₃ catalysts for selective hydrogenation reactions. II. Reactions of acrolein and allyl alcohol. *J. Catal.* 236 (1999) 39–47.
- [10] F HAASS, M BRON, H FUESS, P CLAUS.. In situ X-ray investigations on AgIn/SiO₂ hydrogenation catalysts. *Appl. Catal. A: Gen.* 318 (2007) 9–16.
- [11] H ROJAS, J MURCIA, G BORDA. P REYES, R ROJAS. Hidrogenación de Crotonaldehído sobre catalizadores Ir/TiO₂-SiO₂. *DYNA*. No.157: Año 76. (2009).173 -180.
- [12] E GEBAUER, J GRAMS, E SZUBIAKIEWICZ, J FARBOTKO, R TOUROUDE and J RYNKOWSKI. Pt/Ga₂O₃ catalysts selective hydrogenation of crotonaldehyde, *Jour. Catal.*, 30, 1–14, 2007.
- [13] Y PEI, P GUO, M QIAO, Li, H., Wei, S., He, H. and Fan, K. The modification effect of Fe on amorphous CoB alloy catalyst for chemoselective hydrogenation of crotonaldehyde, *Jour. Catal.*, 248, 303–310, 2007.
- [14] M BARTÓK, Á MOLNÁR, S PATAI. En: *The Chemistry of Double-Bonded. Functional Groups*. New York. Suppl. A3, Wiley.1997. chap. 16.
- [15] P GALLEZOT, D RICHARD. Characterization and selectivity in cinnamaldehyde

- hydrogenation of graphite-supported platinum catalysts prepared from a zero-valent platinum complex, *Catal. Rev. Sci. Eng.*, 40, 81, 1998.
- [16] V PONEC,. On the role of promoters in hydrogenations on metals; α,β -unsaturated aldehydes and ketones, *Appl. Catal. A*, 149, 27-48, 1997.
- [17] C JEFFREY, S.CHENG and C LAI. Boron nitride supported Pt/Fe catalysts for selective hydrogenation of crotonaldehyde, *Appl. Catal. A: Gen.*, 314, 233–239, 2006.
- [18] ROJAS, H., FIERRO, J.L.G and REYES P. Kinetic study of liquid-phase hydrogenation of citral over Ir/TiO₂., *Appl. Catal.*, 248, 59-65, 2003.
- [19] ROJAS, H., FIERRO, J.L.G., GINA PECCHI AND REYES P. Liquid-phase hydrogenation of citral over Ir-supported catalysts., *J. Mol. Catal. A: Chem.* 179 293-299, 2002.
- [20] ROJAS, H., BORDA, G., MURCIA, J.J., FIERRO, J.L.G., REYES, P. and OPORTUS, M. Hydrogenation of citral on Ir/SiO₂ catalysts. Effect of the addition of Nb₂O₅ on surface and catalytic properties. *React. Kinetic. Catal. Lett.*, 92, 369 – 376, 2007.
- [21] ROJAS, H., BORDA, G., REYES, P., CASTAÑEDA, J. AND FIERRO, J.L.G. Synthesis, characterization and catalytic behavior of the Ir/Nb₂O₅/SiO₂ system in the citronellal hydrogenation. *J.Chil.Chem.Soc.*, Vol. 53. No.2, 1393 – 1397, 2008.
- [22] ROJAS, H., FIERRO, J.L.G and REYES P. The solvent effect in the hydrogenation of citral over Ir and Ir-Fe/TiO₂ catalysts. *J.Chil Chem. Soc.*, Vol.52, No.2, 1155-1159, 2007.
- [23] R.S. RAO, R.T.K BAKER and M.A VANNICE., *Catal. Lett.* 60 (1999) 51–57.
- [24] J. KIJENSKI, P. WINIAREK, T. PARYJCZAK, A. LEWICKI, A. MKOLAJSKA, *Appl. Catal. Platinum deposited on monolayer supports in selective hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol A: Gen.* 233 (2002) 171–182.
- [25] B.M. NAGARAJA, V. S. KUMAR, V. SHASIKALA, A.H. PADMASRI, B. SREEDHAR. *Catal. Com.* 4 (2003) A highly efficient Cu/MgO catalyst for vapour phase hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol 287–293.
- [26] H.Y. ZHENG, Y.L. ZHUA, B.T. TENG, Z.Qi. BAI, C.H. ZHANG, H.W. XIANG,

Y.W.Li. *J. Mol. Catal. Towards understanding the reaction pathway in vapour phase hydrogenation of furfural to 2-methylfuran A: Chem.* 246 (2006) 18–23.

- [27] JOSÉ JOBANNY MARTÍNEZ ZAMBRANO. Trabajo de grado para optar el título de MSc. En Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Colombia. 2008.
- [28] H HOFFMAN, P STAUDT, T COSTA, C MORO and E.BENVENUTTI, (2002). FTIR study on the electronic metal support interactions on platinum dispersed on silica modified. *Surf. Interface Anal.* 33, 631.
- [29] H. ROJAS, G. BORDA, J. MURCIA, P. REYES y W. SISSA. Hidrogenación de Furfural sobre catalizadores de Platino soportado en TiO_2 , Nb_2O_5 , SiO_2 y Al_2O_3 . *Prospectiva Científica Año 3, Ed. 3.* 2007. p.p. 27 -35.

Genotoxicidad por consumo de cigarrillo en un grupo de fumadores de Tunja (Boyacá)

CARLOS HERNÁN BARRERA ROJAS*
ZAIDA ZARELY OJEDA PÉREZ**

* Biólogo - Joven Investigador, 2007 - 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación Biología Ambiental

** Coordinadora de la Línea de Investigación en Biotecnología Animal - Tutora

Resumen

El panorama de los efectos del consumo de cigarrillo ha sido estudiado de forma conjunta desde las repercusiones socioambientales y de salud pública; no obstante, los estudios de éste para el departamento de Boyacá son nulos, especialmente desde una perspectiva citogenética. Por lo anterior, se evaluó la genotoxicidad del cigarrillo, a través de la frecuencia de Células Aberrantes (CA), a un grupo de fumadores de la ciudad de Tunja (Boyacá). Se seleccionó un grupo de 20 fumadores y 20 no fumadores de cigarrillo, con criterios específicos de inclusión en el estudio. Se parearon los donantes según edad (± 5 años), sexo y hábito de consumo. Por cada donante, se tomaron 2 ml de sangre periférica para ser procesada mediante la prueba de Aberraciones Cromosómicas Estructurales (ACE) en linfocitos de sangre periférica total. Se analizaron 100 células en metafase que contenían 46 cromosomas (2n) por persona; los datos obtenidos se procesaron con el programa estadístico StathGraphics 2.0. Los procedimientos experimentales se rigieron con base en la Resolución N° 8430 de 1993 del Ministerio de Protección Social. Se encontraron 34 CA para fumadores y 25 CA para no fumadores con promedios de 1,7 y 1,25 respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de CA entre los dos grupos a un nivel de confianza del 95%. Así mismo, no se encontró relación estadísticamente significativa entre la Edad, el Número de cigarrillos fumados diariamente (NC), el tiempo en años como fumador (TC) y el número de CA a un nivel de confianza del 90%. Por lo anterior, se concluye que no se evidenció una relación de genotoxicidad entre el consumo de cigarrillo y la frecuencia de CA en el grupo de estudio.

INTRODUCCIÓN

El cigarrillo es considerado como una droga lícita (Malcon *et al*, 2003) usada a nivel mundial por más de mil millones de personas por todas las clases sociales, edades y sexos (WHO-IARC. 2002). Este compuesto es considerado como el principal factor de riesgo en la salud pública (Barrueco *et al*, 2002) y está ampliamente asociado a nocivas repercusiones individuales, ambientales y socioeconómicas consideradas críticas en el contexto de la salud pública (WHO, 1997 citado por Cabrera, 2001).

Los desordenes atribuibles al consumo de esta sustancia involucran, principalmente, enfermedades obstructivas asociadas al sistema pulmonar (Pernas y Arencibia, 1998) especialmente cáncer de pulmón (Andreoli *et al*, 2003); no obstante, la exposición crónica al humo del tabaco afecta adicionalmente los demás sistemas funcionales del organismo (Pernas y Arencibia, 1998) como cavidades y senos nasales, esófago, estómago, hígado, riñón y cerviz uterina (WHO-IARC. 2002), entre otros.

Entre los estudios citogenéticos encontrados que evalúan los efectos del cigarrillo, se registran principalmente, aumento en la frecuencia de Aberraciones Cromosómicas Estructurales (ACE) (Arboleda *et al*, 2004) e Intercambio de Cromátides Hermanas (ICH) (Karaoguz *et al*, 2005) en fumadores de cigarrillo comparado con los no fumadores. A pesar de los estudios encontrados y de los efectos negativos reportados para esta sustancia, para el departamento de Boyacá no se encontró información que valore el impacto del cigarrillo en humanos, razón por la cuál, se evaluó la genotoxicidad del cigarrillo, a través de la frecuencia de Células Aberrantes (CA), a un grupo de fumadores de la ciudad de Tunja (Boyacá), con el fin de contribuir con estudios de toxicología genética del cigarrillo y con las campañas de prevención de su consumo, como la mejor medida preventiva del cáncer de pulmón y las patologías asociadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de participantes. Se aplicaron aleatoriamente encuestas a personal de la ciudad de Tunja (Boyacá), con las cuales, se seleccionó un grupo de 20 fumadores y 20 NO fumadores de cigarrillo. Los criterios de inclusión en el estudio fueron: procedentes de esta ciudad o residentes permanentes por un tiempo superior o igual a 5 años, mayores de 18 años de edad, sin problemas de salud conocidos, ausentes de la exposición tanto accidental como laboral de carácter previo, actual y alterno a compuestos mutagénicos, carcinogénicos y teratogénicos, sin consumo de sustancias psicoactivas y alcohol y participación voluntaria como donante. Los individuos, que

aceptaron voluntariamente ser parte del estudio, fueron pareados según Control-Expuesto, género y edad, con un rango de +/- 5 años para el procesamiento simultáneo de las muestras.

Obtención de las muestras. Se tomaron, por punción venosa del antebrazo, con jeringa heparinizada, 2 ml de sangre periférica por donante. Este procedimiento se realizó por personal especializado y con técnicas de asepsia admitidas médicamente.

Cultivos celulares. Se estableció con replica 1 cultivo de linfocitos por donante. Se depositaron 0.5 ml de sangre periférica por individuo en 5 ml de medio RPMI 1640, suplementado con 20% de suero fetal bovino estéril inactivado, 1% de L-Glutamina y 1% de Penicilina/Estreptomicina. Los cultivos fueron estimulados con 0.1 ml de Fitohemaglutinina (Eurobio) e incubados a 37°C durante 48 horas. Transcurrido este tiempo, se realizó la cosecha de los cultivos celulares para evaluar Aberraciones Cromosómicas Estructurales (ACE), de acuerdo con el protocolo propuesto por Hoyos et al (1996) con algunas modificaciones acordes con nuestro objetivo. Para el análisis de ACE, se observaron por cultivo a un aumento de 1000x, 100 células en metafase que contenían 46 cromosomas, se registraron en cuadros únicamente las ACE observadas a partir de coloración homogénea regular (Giemsa). Se tomaron microfotografías de algunas metafases observadas con y sin ACE. Se definió el marcador AC como una célula que presenta una o varias ACE en su composición cromosómica total.

Tratamiento estadístico de los datos. Los datos se procesaron con el programa estadístico StathGraphics 2.0 para Windows. Se aplicó el test de Student para determinar las diferencias entre las dos medias muestrales y para construir el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de CA's del grupo control y el grupo expuesto. Se aplicó un análisis de regresión lineal, para establecer la relación entre la edad de los fumadores, el Tiempo de Consumo (TC), el número de cigarrillos fumados diariamente (NC) y la frecuencia de CA en el grupo de fumadores.

Consideraciones éticas. Se realizó una reunión con las personas seleccionadas en donde se informaron los objetivos, resultados esperados, requerimientos y riesgos de participación en el estudio. Los donantes, que aceptaron participar voluntariamente en el estudio, firmaron un consentimiento informado. Los procedimientos mencionados anteriormente se realizaron con base en la Resolución N° 8430 del Ministerio de Protección Social (1993), la cual se establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, en especial, de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos.

RESULTADOS

Grupo de estudio. Del grupo de estudio seleccionado, el 65% correspondió a mujeres y el 35% a hombres. Las edades promedio de fumadores y no fumadores fueron, respectivamente, 35 y 33,6 años con intervalos de edad (mínima y máxima) entre 19 – 61 para ambos grupos. El NC promedio fue de 6.05 con una frecuencia mínima y máxima de 1–40 cigarrillos respectivamente; el TC promedio fue de 14.4 años con un intervalo de consumo de 4–40 años.

Células Aberrantes. El promedio en la frecuencia de CA totales en fumadores y no fumadores fue de 1,7 y 1,25 respectivamente. De acuerdo con la prueba t de Student, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%. Así mismo, de acuerdo con el análisis de regresión lineal, no se encontró relación estadísticamente significativa entre el TC, el NC y la frecuencia de CA, a un nivel de confianza del 90%.

Tabla 1. Frecuencia de CA en relación con la edad, sexo, NC y TC.

DONANTE	FUMADORES					NO FUMADORES				
	Edad	Sexo	NC ¹	TC ²	CA ³	Edad	Sexo	NC	TC	CA
1	31	F	5	10	2	27	F	NA ⁴	NA	0
2	32	F	4	15	0	30	F	NA	NA	1
3	33	F	5	20	4	35	F	NA	NA	2
4	35	M	3	7	1	30	M	NA	NA	3
5	39	F	3	20	0	39	F	NA	NA	2
6	40	F	2	15	2	40	F	NA	NA	0
7	24	M	15	8	0	28	M	NA	NA	5
8	42	F	5	15	2	37	F	NA	NA	1
9	32	M	6	10	4	28	M	NA	NA	2
10	51	F	2	10	1	50	F	NA	NA	0
11	35	M	7	17	0	35	M	NA	NA	0
12	23	F	2	9	4	22	F	NA	NA	4
13	54	F	2	20	2	52	F	NA	NA	0
14	61	M	40	40	1	61	M	NA	NA	0
15	22	M	8	11	4	19	M	NA	NA	2
16	22	F	3	8	0	24	F	NA	NA	0
17	24	F	1	7	0	20	F	NA	NA	0
18	33	F	2	13	1	32	F	NA	NA	0
19	48	M	1	30	3	44	M	NA	NA	2
20	19	F	5	4	3	20	F	NA	NA	1
Intervalo	19-61	---	1-40	4-40	0-4	19-61	---	---	---	0-5
Promedio	35	---	6,05	14,4	1,7	33,6	---	---	---	1,25

¹ NC: número de cigarrillos fumados diariamente

² TC: tiempo de consumo en años como fumador

³ CA: células aberrantes

⁴ NA: no aplica

DISCUSIÓN

Al considerar que el humo del cigarrillo es altamente genotóxico (Sorsa et al, 1989), y que para el departamento de Boyacá no se han realizado estudios con humanos acerca de este compuesto, se buscó evaluar la genotoxicidad del cigarrillo a partir de la prueba de CA en cultivos de linfocitos de sangre periférica total, con el fin de colaborar con las investigaciones en torno al consumo de esta sustancia; con esto, se determinó la frecuencia de CA, a un grupo de 20 fumadores y 20 no fumadores de cigarrillo de la ciudad de Tunja (Boyacá), entre los que se cuenta personal docente, administrativo, estudiantil y comerciantes.

Los criterios de inclusión de los donantes en el estudio estuvieron acordes con otros monitoreos realizados a poblaciones expuestas a sustancias genotóxicas, no obstante las variables ambientales pueden influir de manera significativa en los resultados obtenidos en relación con las CA. Entre otros monitoreos de genotoxicidad realizados en la ciudad de Tunja, tan solo se encontró un estudio realizado a un grupo de trabajadores en estaciones de servicio expuestos laboralmente a gasolina (Cruz y Grismaldo, 2006), con esto, el presente trabajo constituye el primer estudio realizado en torno al impacto genotóxico del cigarrillo para el departamento de Boyacá, y como tal, sirve de referencia para posteriores estudios que, contribuyan a controlar los factores que fomentan el consumo de cigarrillo como precios y contrabando (Da Costa y Koifman, 1998).

De la muestra poblacional seleccionada, el 35% correspondió a hombres y el 65% a mujeres; en comparación con el estudio realizado por Arboleda *et al* (2004) el porcentaje de hombres, para el presente estudio es inferior. En relación con la edad, no se determinó límite para seleccionar la población de estudio, con esto se encontró que el promedio de fue de 35 y 34 años para fumadores y no fumadores respectivamente, con un intervalo de edad (mínima y máxima) entre 19 – 61 años para ambos grupos; esto pone de manifiesto que a cualquier edad los individuos fuman y que, por tanto, no existen restricciones o leyes en torno al consumo de cigarrillo en relación con la edad de los individuos, sin embargo, este trabajo presenta los resultados de una muestra poblacional mayor de edad.

El NC y el TC promedio fueron 6 cigarrillos diarios y 14 años respectivamente. En comparación con los resultados obtenidos por Arboleda *et al* (2004), el NC del presente estudio fue inferior y el TC superior, no obstante el presente estudio se realizó con personas entre los 19 y 61 años de edad, en relación con este otro

estudio, en donde, uno de los criterios de inclusión fueron tener entre 19 y 29 años de edad. Así mismo, el no encontrar diferencias estadísticamente significativas se concluye que, en la muestra poblacional evaluada, no existe relación entre la Edad, el NC, el TC y el número de CA.

El promedio, en las CA obtenido, muestra que se encontró mayor frecuencia en el grupo de fumadores (1,7) en relación con el grupo control (1.25); no obstante, esta relación no fue estadísticamente significativa. Se considera que trabajadores con una frecuencia de alteraciones cromosómicas que doble a la del grupo no expuesto están en un riesgo mayor de cáncer, de un 20 – 25%¹⁸; así, con los datos encontrados en el presente estudio, no es posible concluir que el grupo constituido por los fumadores se encuentren, actualmente, en riesgo de padecer cáncer; sin embargo, la susceptibilidad genética está determinada por la expresión alterada de los genes involucrados en el proceso carcinogénico, como: metabolismo, reparación del ADN, protooncogenes y genes supresores de tumor, ciclo celular, apoptosis y la respuesta inmune; además, la susceptibilidad heredada y adquirida interactúa con factores ambientales e incrementa el riesgo de cáncer; Así, las alteraciones cromosómicas indicadoras de riesgo potencial de desarrollar cáncer no sólo representan la respuesta biológica a la exposición sino también a los efectos combinados de exposición y constitución genética (Hoyos, 2001).

El panorama de los efectos genéticos en este estudio, es paralelo al monitoreo poblacional realizado por Cruz y Grismaldo (2006) en donde se encontró mayor frecuencia de ACE en la población expuesta en relación con el grupo control y cuyo análisis no arrojó significancia estadística; sin embargo, al no reportar daño cromosómico en el presente estudio, se muestra una diferencia con los estudios realizados en Colombia por Arboleda et al (2004), Sierra et al (2004) y Sierra (1999) quienes indican que los efectos genotóxicos en linfocitos de fumadores son causados por los constituyentes del humo del cigarrillo; así mismo, en otros estudios citogenéticos realizados en fumadores, se encontró daño cromosómico como ICH (Karaoguz et al, 2005) y ACE (Sorsa et al, 1989; Vijayalaxmi, 1982), inestabilidad cromosómica y ACE en células de líquido amniótico procedentes de gestantes (Díaz, 2005).

En comparación con el estudio realizado por Arboleda et al (2004), con el presente estudio se reportan, quiebres cromatídicos y cromosómicos, figuras multirradiadas y cromosomas acéntricos, así como poliploidías, gaps, fragilidades a nivel cromosómico y centromérico; no obstante, estas últimas no fueron incluidas en el análisis estadístico;

y en relación con el biomarcador utilizado (AC), en otros estudios se utilizó ICH (Sorsa et al, 1989; Vijayalaxmi, 1982). La no evidencia de daño cromosómico encontrada en los linfocitos de la muestra poblacional evaluada, es posible a la respuesta de los linfocitos de los fumadores, a factores ocupacionales, ambientales o a una tendencia de la población seleccionada; no obstante, para el departamento de Boyacá, la ciudad de Tunja se registra como una de las ciudades a nivel nacional en consumo de cigarrillo.

En países en vías de desarrollo, se requiere promover y reforzar programas que fomenten la epidemiología del tabaco, la reducción a los factores de riesgo por adicción a la nicotina, y el control de las consecuencias ambientales (Tovar y López, 2000). En concordancia con esto y con la evidencia de que la exposición involuntaria a humo de cigarrillo es carcinogénica (WHO- IARC, 2002; Husgafvel, 2004), se deben formular políticas locales de prevención del tabaquismo para evaluar las consecuencias del hábito de fumar, desde el punto de vista social, económico y, especialmente ambiental, ya que los fumadores involuntarios están obligados a inhalar el humo de tabaco en el ambiente y también están expuestos a los mismos riesgos que los fumadores activos (Tovar y López, 2000).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Dirección de Investigaciones DIN y la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. A Luz Marina Lizarazo Forero por el aval para participar en la convocatoria y a Bárbara Moyano por la toma de muestras.

REFERENCIAS

- Hoyos LS. Genotoxicidad de los plaguicidas. Mutagenicidad, Carcinogenicidad y teratogenicidad. En: Córdoba D, editor. Toxicología. 4a ed. Bogotá: Editorial Manual Moderno; 2001.
- Andreoli C, Gigante D, Nunziata A. A review of in vitro methods to assess the biological activity of tobacco smoke with the aim of reducing the toxicity of smoke. *Toxicology in Vitro*. Volume 17, Issues 5-6, October-December 2003, Pages 587-594
- Arboleda Y, Hoyos LS, Carvajal S, Sierra CH. Genotoxicidad por exposición a cigarrillos en jóvenes fumadores en Colombia. *Rev Panam Salud Pública*. 2004; 15 Supl 6: 367-72.

- Barrueco M, Hernández M, Calvo, A, García M, Rodríguez M, Torrecilla M, et al. Resultados del primer programa para la reducción del tabaquismo en los trabajadores del ayuntamiento de Salamanca, España. *Revista Española de Salud Pública*. 2002; 76 Supl 1: 37–48.
- Cruz F, Grismaldo M. Evaluación de aberraciones cromosómicas en individuos expuestos ocupacionalmente a gasolina en estaciones de servicio del área urbana de Tunja - Boyacá. [Trabajo de grado]. Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia; 2006.
- Da Costa V, Koifman S. Smoking in Latin America: a major public health problem. *Cad. Saúde Pública* 1998; 14 Supl 3: 99–108.
- Díaz R, Estudio citogenético en amniocitos de gestantes fumadoras. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Barcelona. España; 2005.
- Hoyos LS, Carvajal S, Solano L, Rodríguez J Orozco L, López Y, Au W. Cytogenetic Monitoring of Farmers exposed to pesticides in Colombia. *Environ Health Perspect*. 1996 May; 104(Suppl 3): 535–538.
- Husgafvel K. Genotoxicity of environmental tobacco smoke: a review. *Mutat Res*. 2004; 567: 427–45.
- Karaoguz MY, Cosar B, Arikan Z, Basaran F, Menevse A, Menevse S. Increased frequency of sister chromatid exchanges in peripheral lymphocytes of alcoholics and cigarette smokers. *Cell Biology International*. 2005; 29: 165-8.
- Malcon M, Menezes A, Chatkin M. Prevalência e fatores de risco para tabagismo em adolescentes. *Rev. Saúde Pública* vol.37 no.1 São Paulo Feb. 2003
- Pernas M, Arencibia L. Efectos sobre la salud de la exposición crónica al humo del tabaco en fumadores y no fumadores. *Rev Cubana Med Gen Integr* 1998;14(2):180-4
- Ministerio de Protección Social, República de Colombia. Resolución N° 8430 de octubre 4 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. *Boletín Oficial del Ministerio de Protección Social* (en línea). 1993 Octubre. [Consultado 2007, febrero 12]; disponible en: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo267711.pdf>
- Sierra M, 1999. Citado por: Arboleda Y, Hoyos LS, Carvajal S, Sierra CH. Genotoxicidad

- por exposición a cigarrillos en jóvenes fumadores en Colombia. *Rev Panam Salud Pública*. 2004; 15 Supl 6: 367–72.
- Sierra M, Arboleda Y, Hoyos LS, Sierra C. Chromosome aberrations among cigarette smokers in Colombia [resumen]. *Mutat Res*. 2004; 562: 67–75.
- Sorsa M, Husgafvel K, Järventaus H, Koskimies K, Salo H, Vainio H. Cytogenetic effects of tobacco smoke exposure among involuntary smokers [resumen]. *Mutat Res*. 1989; 222 Supl 2: 111–6.
- Tovar V, López F. Fumadores involuntarios: exposición pasiva al humo de tabaco en el ambiente. *Rev. Inst. Nal. Enf Resp Mex*. 2000; 13 Supl 4: 233–9.
- Vijayalaxmi, EH. In vivo and In Vitro effects of cigarette smoke on chromosomal damage and sister-chromatid exchange in human peripheral blood lymphocytes [resumen]. *Mutat Res*. 1982; 92 Supl 1-2: 321–32.
- WHO World Health Organization. Tobacco or health: a global status report. Geneva: 1997; Citado por: Cabrera G. Etapas de cambio en consumidores de cigarrillo en Zarzal, Colombia, 1999. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* 2001; 19(2): 33-42
- WHO World Health Organization – IARC International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Tobacco Smoke and Involuntary Smoking. Summary of Data Reported and Evaluation. 2002; 83: 1–12.

Aislamiento de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* en Boyacá

JEIMY M. POVEDA*
JOHN WILSON MARTÍNEZ O.**

* Bióloga - Joven Investigadora, 2008 - 2009
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo Manejo Biológico de Cultivos - GMBC
Correo: jeimypo@yahoo.com

** Ingeniero Agrónomo - Tutor
Correo: john.martinez@uptc.edu.co

INTRODUCCIÓN

Ha transcurrido más de medio siglo desde el inicio de la era de los plaguicidas de síntesis química, que han representado la principal alternativa para el control de numerosos insectos plaga, especialmente en el sector agrícola; el uso de estos se ha incrementado paulatinamente, debido a su eficacia, sin tenerse en cuenta el grave daño que ocasionan al medioambiente y a los seres vivos. Pero desde principios del siglo pasado han existido alternativas a los insecticidas químicos, como el denominado “Control biológico”, al cual se le habían desconocido sus ventajas comparativas respecto a los químicos, en cuanto a seguridad, eficacia y, sobre todo, menor impacto ambiental.

La nueva orientación ecológica y sustentable de la agricultura ha reconocido el uso de enemigos naturales, y de sus productos para reducir las poblaciones de insectos, como una herramienta valiosa dentro de los programas de manejo integrado de plagas (MIP) en diferentes cultivos; se evidencia así su compatibilidad y complementariedad ecológica con otras estrategias alternas de control de plagas, como el control cultural, genético y etológico, entre otras [1, 2].

Las bacterias constituyen uno de los grupos más estudiados como agentes de control de plagas en el ámbito mundial. De ellas, la familia Bacillaceae ha sido la más estudiada, dado que incluye todas las bacterias patógenas obligadas y la mayoría de las facultativas; las especies de esta familia son altamente virulentas y tienen gran capacidad invasiva y de producción de toxinas [3]. *Bacillus thuringiensis* (Bt) es, sin duda, la bacteria más representativa, por sus características de alta especificidad en el control biológico [4] de insectos plaga pertenecientes a diferentes órdenes taxonómicos, en cultivos como algodón, arroz, maíz, papa, forestales, etc., e igualmente hacia insectos vectores de enfermedades.

El mercado de productos insecticidas biológicos reposa en gran medida en el uso y comercialización de *Bacillus thuringiensis* [5], en forma de polvos, granulados, aerosol y líquidos concentrados emulsionables [6]. Las ventas de productos formulados con estas cepas han aumentado en un 20% en los últimos años [7], y en la actualidad, tales productos representan el 2% del mercado total de insecticidas en el mundo [8]. Los formulados de Bt han sido usados durante más de dos décadas como insecticidas biológicos para el control de insectos, especialmente lepidópteros [9], en cultivos agrícolas y contra vectores de enfermedades humanas [10].

Dadas las características de *Bacillus thuringiensis* como agente de control biológico, y debido a su presencia cosmopolita, se ha intensificado la búsqueda y el establecimiento de colecciones de *Bt* en el mundo, en virtud de que sus productos actualmente son los insecticidas de origen biológico de mayor importancia en la agricultura [11].

El desarrollo de un producto para el control biológico de plagas a partir de una cepa entomopatógena de *Bt* requiere varias etapas; la primera de ellas es la identificación y caracterización de los aislados existentes en la región y su conservación. Durante las últimas décadas se han llevado a cabo un gran número de programas de aislamientos de bacterias, principalmente de *Bt*, en todo el mundo; lo que ha conducido al establecimiento de colecciones que suman alrededor de 40.000 aislados, muchos de los cuales pertenecen a empresas privadas y multinacionales [12]. Los programas de aislamiento tienen como finalidad, además de la identificación de nuevas cepas, encontrar genes nuevos que codifiquen proteínas más tóxicas que los productos conocidos comercialmente, o que confieran una actividad frente a especies que no son sensibles a las proteínas Cry conocidas. Esta búsqueda de nuevos genes Cry suele estar orientada al desarrollo de nuevos productos con rangos de acción más amplios o a la generación de organismos genéticamente modificados (OMG), principalmente plantas transgénicas, es decir, portadoras de un gen ajeno o exógeno que se denomina transgén, buscando minimizar los riesgos de ataque y la selección de poblaciones de insectos resistentes [13, 14].

La implementación de *Bt* en programas MIP involucra grandes esfuerzos de investigación básica y aplicada para identificar cepas o proteínas potencialmente útiles; esto ha hecho que en Colombia algunos grupos de investigación incursionen en este campo y poco a poco se logren obtener resultados sobre la utilidad de cepas nativas de *Bt* en el control de plagas en nuestro país. Por esta razón, el Grupo Manejo Biológico de Cultivos, de la Uptc, ha abordado esta temática, con el fin de generar reportes sobre la diversidad de este microorganismo en Boyacá.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE *BACILLUS THURINGIENSIS*

Bacillus thuringiensis (*Bt*) pertenece a la familia Bacillaceae y se ubica dentro del grupo I del género *Bacillus*; forma parte del complejo *Bacillus cereus*, que incluye a *B. cereus*, *B. anthracis* y *B. mycooides*; con los dos primeros se encuentra

estrechamente relacionado, al punto de que no se distingue por completo de ellos, ya que no existen suficientes diferencias en sus características morfológicas y bioquímicas (tabla 1); por ello su designación ha estado sometida a discusión [8, 9]. A pesar de esto, se reconoce la individualidad de estas especies, basándose en la presencia de la inclusión o cristal paraesporal (ICP´s) y de sus propiedades insecticidas [4].

De acuerdo con lo anterior, *Bt* es una bacteria aeróbica, nativa del suelo, ampliamente distribuida en el ambiente, Gram positiva, de flagelación peritrica; mide de 3 a 5 μm de largo por 1,2 μm de ancho y desarrolla esporas elipsoidales de resistencia que no distienden el esporangio (figura 1). Se caracteriza por que en la fase de esporulación produce una inclusión paraesporal ICP´s [9, 15], formada por uno o más cuerpos cristalinos de naturaleza proteica y tóxicos para distintos invertebrados, especialmente para larvas de insectos [9], que pueden presentar distintas morfologías [15, 16]. Estas proteínas, llamadas delta-endotoxinas, son codificadas por los genes *Cry* [9] y constituyen la base del insecticida biológico más difundido a nivel mundial [4, 11]; hasta el momento, hay más de 30 tipos de proteínas *Cry* descritas, y se han clonado y secuenciado alrededor de 166 genes [17]. Una colonia de *Bt* aislada en una caja de petri muestra una morfología circular, de color café claro, con aspecto harinoso y textura cerosa (figura 2).

AISLAMIENTO DE *BACILLUS THURINGIENSIS*

El uso de *B. thuringiensis* como controlador biológico de plagas, al parecer, se remonta al antiguo Egipto [18]. El interés por los insecticidas microbianos data de mediados del siglo XIX, con las investigaciones efectuadas por Pasteur, en 1849, de la enfermedad del gusano de seda *Bombix mori*, las cuales enfocaron la atención de los bacteriólogos en los insectos plagas y en el descubrimiento de un sinnúmero de enfermedades microbianas de insectos. Sin embargo, el descubrimiento de *B. thuringiensis* se acredita al científico japonés Shigetane Ishiwata (1901), quien aisló una bacteria aeróbica formadora de espora a partir de una larva muerta del gusano de seda *Bombix mori* y la bautizó *Bacillus soto*; su identificación como agente entomopatógeno y su denominación se deben a su redescubrimiento en 1911 por Berliner, en el distrito de Thuringia (Alemania), a partir de larvas muertas de la palomilla de la harina, *Ephestia kuhniella sep*; Berliner identifica el "microbio" aislado como una especie nueva y propone el nombre de *Bacillus thuringiensis* [19].

La cepa empleada para el control de insectos lepidópteros, plagas agrícolas y forestales es por excelencia *Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki* (HD1), aislada en

1970, originalmente por Dulmage, quien fue la responsable de que los productos a base de esta bacteria pudieran competir con los insecticidas químicos en términos de eficiencia y eficacia, constituyéndose en la piedra angular en la historia de *B. thuringiensis* [4].

En 1938 se introdujo en el mercado el primer producto comercial bajo el nombre de Sporoin, cuyo principio activo eran las esporas de Bt [20]; desde allí hasta hoy existe un interés creciente en buscar e identificar nuevos aislados para desarrollar productos más avanzados.

Específicamente en Colombia, el Departamento de Investigaciones Agropecuarias, el Programa de Entomología del Instituto Colombiano agropecuario (ICA), junto con otras entidades del sector, tales como el Instituto de Fomento Algodonero (IFA) y la Federación de Fomento Algodonero, constituyeron los polos de desarrollo de la entomología económica y del control biológico [21]. Es así como en 1963 se inicia en Colombia la investigación sobre el efecto de la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner para el control de plagas Lepidópteras en cultivos de maíz bajo condiciones de laboratorio, que resultó efectivo contra larvas de tierreros y trozadores del maíz [22]. En el año 1964, Juan Raigosa, entomólogo del IFA, presenta un informe detallado sobre el resultado de las aplicaciones de *Bt* y su efectividad para combatir *Heliothis sp* en cultivos algodoneiros del Valle del Cauca [21]. Actualmente, Corpoica cuenta con un Banco de Cepas Nativas de *B. thuringiensis*, compuesto por más de 3.000 aislamientos procedentes de diversos ecosistemas o regiones geográficas, que constituye una muestra bastante representativa y un recurso genético importante de la variabilidad existente de este microorganismo en nuestro país [23].

En la misma vía de conocer nuestra diversidad, la Corporación de Investigaciones Biológicas (CIB), de Medellín, ha descrito, caracterizado y estudiado una subespecie de Bt denominada *Medellin*, e igualmente ha desarrollado trabajos con subespecies de *B. thuringiensis* tóxicas contra mosquitos [24-26]. El grupo de biopesticidas del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional sede Bogotá (IBUN) cuenta, igualmente, con una colección de *Bt* con más de 400 aislados; este grupo también ha estandarizado técnicas de identificación molecular de dichas colecciones, basadas en la reacción en cadena de la Polimerasa (PCR), usando "primers" generales y específicos para diferenciar los grupos *Cry* [27, 28] y métodos de bioensayo para establecer la toxicidad en diferentes plagas de importancia agrícola, como *Spodoptera frugiperda*, *Heliothis virescens* [27], *Premnotrypes vorax* y *Tecia solanivora* [30, 31]; del mismo modo, ellos han trabajado en la obtención de formulados tales como

polvos, granulados, polvos mojables y microencapsulados elaborados a base de *Bt* [1, 27-30, 32, 33].

Un efecto de la investigación en control biológico con *Bt* en Colombia fue la propuesta de creación de la Red Nacional de *Bacillus thuringiensis*, conformada por instituciones como la Corporación de Investigaciones Biológicas (CIB), Corpoica, Vecol, Instituto de Inmunología y el IBUN [1]; sin embargo, esta iniciativa no fue continuada.

La investigación dirigida al uso de entomopatógenos ha sido llevada a cabo, además de las instituciones mencionadas anteriormente, por universidades como la de los Andes, Javeriana, de Cundinamarca, Jorge Tadeo Lozano y, más recientemente, la Pedagógica y Tecnológica de Colombia; así mismo, por el Instituto de Biotecnología Mariano Ospina Pérez, Coltabaco, Cenipalma, Cenicafe y empresas de agrobiológicos con representaciones en Colombia como Laverlam y Valent, entre otras.

Aunque la mayoría de estudios han explorado el uso de *Bt* en plagas de los órdenes lepidóptera y díptera, en los últimos años, gracias a la continua investigación, se han desarrollado y diseñado trabajos con cepas y proteínas tóxicas para otros grupos taxonómicos [17], lo cual ha ampliado las perspectivas de investigación y explotación comercial de esta bacteria. Los cultivos en los que más se ha trabajado son café, hortalizas, leguminosas, cereales, papa y pastos.

INVESTIGACIÓN SOBRE *BACILLUS THURINGIENSIS* EN BOYACÁ

Boyacá es un departamento predominantemente agrícola, que surte de alimentos a buena parte de las regiones central y norte de Colombia. Con el objetivo de lograr cultivos sanos y cosechas abundantes, que proporcionen el máximo beneficio económico, los agricultores utilizan diversos productos químicos para controlar las plagas y enfermedades que se presentan en sus lotes de producción. El empleo de estos productos en forma indiscriminada ha generado desequilibrios graves y de difícil manejo en estos agroecosistemas, requiriéndose incrementar cada día el uso de estos insumos de síntesis química, lo que favorece la contaminación ambiental, la resistencia en los insectos-plaga, el descontrol en las cadenas tróficas y, en muchos casos, un efecto directo contra la salud de los consumidores.

La apertura de mercados y la tendencia hacia la globalización, así como la concientización y las mayores exigencias de los consumidores respecto de la calidad de los alimentos de origen agrícola, incrementan día tras día las restricciones a la

presencia de residuos químicos en estos. En un mercado internacional, donde la competencia adquiere mayor importancia, la agricultura colombiana y boyacense debe mantener, además de la calidad, unos bajos costos de producción; para lograrlo se requiere generar alternativas de solución a las problemáticas de manejo fitosanitario en los cultivos, acordes con las condiciones climáticas, sociales, culturales y geográficas de sus respectivas regiones. Las alternativas de control biológico, que empleen nuestra propia diversidad, pueden constituirse en herramientas valiosas que contribuyan a lograr dichos objetivos [34].

De acuerdo con lo anterior, el Grupo Manejo Biológico de Cultivos (GMBC), de la Uptc, dentro de la línea de investigación “Manejo biológico de insectos plaga”, adelanta una estrategia de búsqueda y establecimiento de una colección de agentes para el control microbiológico de plagas agrícolas, enfocada inicialmente a cepas nativas de *B. thuringiensis*. Un proyecto desarrollado en el 2006, en colaboración con el grupo de biopesticidas de la Universidad Nacional de Colombia, permitió obtener cerca de 120 aislamientos, dando así inicio a la caracterización de la diversidad de *Bacillus thuringiensis* en Boyacá; este proyecto fue nominado al premio “Francisco Luis Gallego”, al ser presentado en el XXXIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, por ser pionero en el desarrollo de trabajos sistemáticos sobre caracterización de la diversidad de *Bacillus thuringiensis* en el departamento; en dicho proyecto se recolectaron 71 muestras de suelo provenientes de zonas con bosques naturales y zonas agrícolas en ocho municipios de la Provincia Centro del departamento de Boyacá (Chíquiza, Samacá, Motavita, Oicatá, Soracá, Siachoque, Tunja y Tuta); la colección obtenida se caracterizó en términos microbiológicos y bioquímicos, iniciando de esta manera un censo biótico de Bt que servirá de apoyo para cumplir con las metas de manejo biológico de insectos plaga en la región, constituyendo la base para la creación de la “Colección de microorganismos entomopatógenos nativos de Boyacá”.

Con el fin de complementar la caracterización del material conservado, en términos de su actividad biológica, en el 2007 se continuó el proceso iniciado, con un segundo proyecto que pretendió la caracterización de la colección en términos biológicos y moleculares, a través de una alianza entre grupos del programa de Ingeniería Agronómica (GMBC) y de la Escuela de Biología (Grupo de Estudios en Genética y Biología Molecular, GEBIMOL). Dentro de este estudio se evaluó, mediante ensayos biológicos con *T. solanivora*, la actividad tóxica de 30 aislamientos nativos de *B. thuringiensis* presentes en la colección del laboratorio de control biológico y se están realizando los análisis moleculares respectivos.

A partir de esta colección se pretende realizar estudios relacionados con la determinación de la actividad tóxica de las cepas hacia insectos plaga de interés agrícola en la región, lo cual puede dar pie a desarrollos posteriores.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DEL GMBC CON AISLADOS NATIVOS DE *Bt*

Dentro de los resultados más relevantes se tiene que entre las 120 cepas de *Bt* obtenidas de suelos boyacenses, el 77,6% provenían de zonas de ecosistemas agrícolas y el 22,4% restante, de zonas de bosque natural. La mayoría de los aislamientos obtenidos en suelos de bosques naturales y de cultivo de cereales presentaron cristales muy visibles de forma bipiramidal; sin embargo, se observó una cepa con inclusiones de tipo triangular, cuadrado y redondo (figura 3), característica poco común, según datos semejantes registrados en la literatura [2]. En general, más del 50% de las cepas obtenidas a partir de ecosistemas agrícolas mostraron un perfil electroforético definido entre 60 y 130 kilodalton (kDa).

En el área de entomología del GMBC se estableció una colonia de *T. solanivora* (polilla guatemalteca de la papa) en todos sus estadios biológicos, la cual puede contribuir en posteriores estudios (figura 4); se seleccionó este insecto como modelo para los bioensayos con *Bt* porque genera grandes pérdidas en el cultivo de la papa en Boyacá [35], ya que sus larvas penetran el tubérculo y forman galerías a medida que se alimentan y se desarrollan, con lo que demeritan su aspecto y la calidad para consumo [36]. Se realizó seguimiento a los diferentes estados de desarrollo de los insectos, seleccionando el material requerido para los bioensayos y para el mantenimiento de las colonias. Se establecieron pruebas biológicas preliminares con 30 cepas nativas de *Bt* pertenecientes a la colección del GMBC. Se empleó la técnica de prismas de papa parda pastusa impregnados con una suspensión de esporas y cristales de cada una de las cepas por evaluar [29], que fueron luego infestados con larvas de *T. Solanivora* de primer instar. Las cepas evaluadas se multiplicaron e incubaron en medio LB a 30 °C. La concentración de esporas de cada una de las cepas fue determinada en cámara de Neubauer y microscopio óptico. Aquellas cepas que presentaron mortalidades en *T. solanivora* superiores al 70% se seleccionaron para evaluar, posteriormente, su concentración letal media (CL_{50}), mediante bioensayos, y la caracterización molecular de sus genes *Cry1*, mediante la técnica de PCR. En los bioensayos se evaluaron de manera independiente aquellas cepas que mostraron mayor efectividad en el ensayo preselectivo.

Partiendo de una suspensión inicial de la biomasa de la bacteria obtenida de una caja de petri se efectuaron diluciones seriadas. En cada dilución se determinó la

concentración de esporas en cámara de Neubauer y se realizó el bioensayo respectivo empleando el método de impregnación de primas. Se usaron placas de poliestireno de 24 pozos con 2 réplicas por dilución para un total de 240 larvas por cepa y un testigo con agua destilada estéril. El porcentaje de mortalidad de larvas en cada bioensayo se ajustó mediante fórmula de Abbott [37]. La relación dosis-mortalidad se estimó mediante análisis Probit [38], usando el programa computacional Polo-PC (LeOraSoftware, 1987). Adicionalmente se determinó un perfil de proteínas paraesporales (ICP's) en geles de poliácridamida (datos no mostrados), siguiendo los protocolos de SDS-PAGE al 9% en condiciones denaturantes [39, 40]. El 50% de las cepas evaluadas presentaron mortalidad cercana al 50%, lo que indica un potencial para encontrar aislamientos para el manejo de otros Lepidópteros plaga en nuestra región.

En la actualidad se está realizando la estandarización del protocolo para la extracción de DNA y las condiciones de la técnica de PCR para la identificación de genes *cry1* en las cepas nativas seleccionadas por su mayor actividad tóxica sobre *T. solanivora*.

CONCLUSIONES

Los estudios realizados sobre *B. thuringiensis* han demostrado que existen variedades ya establecidas en las distintas localidades y con potencial de control de varias plagas de importancia agrícola; este aspecto es muy importante para seleccionar cepas patógenas promisorias adaptadas al medio agroecológico, para lograr el éxito en el control de una plaga en particular.

Existe un número limitado de bioplaguicidas registrados ante el ICA, aunque en el mercado es creciente la oferta de bioplaguicidas no registrados, que en la mayoría de los casos no cumplen con los requisitos de control de calidad exigidos y cuya actividad biológica no está respaldada por resultados experimentales serios y representativos. Por lo anterior, es necesario continuar las investigaciones que aporten conocimiento sobre la diversidad de entomopatógenos de nuestros ecosistemas y que puedan soportar desarrollos tecnológicos de impacto en nuestra región.

Es necesario que el gobierno y las instituciones dedicadas al crecimiento y fortalecimiento de la investigación en el sector agrícola establezcan incentivos para quienes desarrollen bioplaguicidas de óptima calidad; así mismo, para quienes han iniciado la caracterización de nuestra biodiversidad con el fin de generar productos que suplan las necesidades del sector agrícola colombiano.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Jorge Orlando Blanco, de la Escuela de Biología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por la revisión y sugerencias al presente escrito.

REFERENCIAS

- [1] Cerón J., Uribe, D., Grosso V., Martínez W. Biotecnología - investigación aplicada. Alternativas de control biológico. En: 75 maneras de generar conocimiento en Colombia. Casos seleccionados por los programas nacionales de ciencia, tecnología e innovación. Colciencias. Pp. 34-35. 2006.
- [2] Yara E., Cerón J., Uribe D. Caracterización de aislamientos nativos de *Bacillus thuringiensis* provenientes de bosque natural y zonas de cultivos colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*. 25(3-4): 185-190. 1999.
- [3] Benintende G., Márquez A. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Capítulo 4. Bacterias entomopatógenas. Buenos Aires, Argentina. pp.. 61-72. ISBN 950-43-6937-5, 1996.
- [4] Sauka D.H., Benintende G.B. *Bacillus thuringiensis*: Generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos Lepidópteros que son plagas agrícolas. *Revista Argentina de Microbiología*. 40: 124-140. 2008.
- [5] Cardona M. C. Entomología económica y manejo de plagas. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 1998.
- [6] Glare T., O'Callaghan M. *Bacillus thuringiensis*: Biology, ecology and safety. John wiley & sons, chichester, UK. 2000.
- [7] Adams L.F., Liu C.L., Macintosh S, Stamen R.L: Diversity and biological activity of *Bacillus thuringiensis*. En: Crop protection agents from nature. Natural products and analogues. Coppin e. L. Editor. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. Reino Unido. Pp. 360-386. 1996.
- [8] Bravo A., Cerón J.: *Bacillus thuringiensis* en el control biológico. Ed. Buena Semilla. Bogotá, Colombia. 2004.
- [9] Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J., Zeigler D.R., Dean D.H. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiol Mol Biol Rev* 62: 775-806. 1998.

- [10] Díaz T., Restrepo N., Orduz S., Rojas W. Distribución y aislamiento de *Bacillus thuringiensis* en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 19(2): 35-40. 1993.
- [11] Kalmikova G., Burtseva L., Lysenko A. Identification and characterization of *Bacillus thuringiensis* strains by molecular methods. En: 38 the annual meeting society for invertebrate pathology program and abstracts. August 7-11. Alaska. 2005.
- [12] Lambert B., Peferoen M. Insecticidal promise of *Bacillus thuringiensis*. Facts and mysteries about a successful biopesticide. *Bioscience* 42(2): 112-121. 1992.
- [13] González C.J. Plantas transgénicas con la capacidad insecticida de *Bacillus thuringiensis*. En: Caballero P., Ferré J., editores. Bioinsecticidas: Fundamentos y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* en el control integrado de plagas, pp. 169-187. 2001.
- [14] Fujimoto H., Itoh K., Yamamoto M., Kyojuka J. K. Insect resistant rice generated by introduction of a modified delta-endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis*. *Bio/technology* 11:1151-1155. 1993.
- [15] Hofte H., Whiteley R. Insecticidal cristal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Reviews* 53:242-255. 1989.
- [16] Rodríguez M.M., De la Torre M.M., Urquijo N.E.U. *Bacillus thuringiensis*: Características biológicas y perspectivas de producción. *Rev Lat Amer Microbiol.* 33: 279-292. 1991.
- [17] Rosas-García M.N. Avances en el desarrollo de formulaciones insecticidas a base de *Bacillus thuringiensis*. *Rev. Colombiana de Biotecnología* 10(1): 43-63. 2008.
- [18] Nester E, Thomashow L.S., Metz M., Gordon M. 100 years of *Bacillus thuringiensis*: A critical scientific assessment. Disponible en: <http://www.Asmusa.Org>. 2002.
- [19] Berliner E: Ueber die schalaffsucht der mehmottenraupe (*Ephestia kuhniella* zell.) und ihren erreger *Bacillus thuringiensis* n. Sp. *Z. Angeww. Entomol.* 2:29-56. 1915.
- [20] Nester E, Thomashow LS, Metz M, Gordon M: 100 years of *Bacillus thuringiensis*: A critical scientific assessment. Disponible en: <http://www.Asmusa.Org>. 2002.
- [21] Rodríguez D. Uso de entomopatógenos en Colombia. Seminario. Sociedad Colombiana de Entomología. Comité Regional de Cundinamarca. Bogotá, D.C. Octubre 12. pp 3-9. 2001.
- [22] Revelo M. Efecto del *Bacillus thuringiensis* (Berliner) sobre algunas plagas de lepidópteros del maíz, bajo condiciones tropicales. Bogotá (Colombia). *Revista agricultura tropical.* 21: 393-395. 1965.

- [23] Hernández J. Caracterización microscópica, bioquímica y molecular de aislamientos nativos de *Bacillus thuringiensis* en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias., Departamento de Postgrado en Biología. Santafé de Bogotá. Tesis de postgrado. 188 p, 1997.
- [24] Orduz S., Díaz T., Thiery I., Rojas W. Crystal proteine from *Bacillus thuringiensis* serovar medellín. *Appl. Microbiology biotechnology*. 40: 794-799. 1994.
- [25] Restrepo N, Patiño M, Díaz T, Tamayo MC, Orduz S: Características bioquímicas, inmunológicas y toxicológicas de las proteínas el cristal de *Bacillus thuringiensis* subsp. Medellín. *Revista Colombiana de Entomología*. 22(1): 69-75. 1996.
- [26] Gutiérrez P., Alzate O., Orduz S. A theoretical model of the tridimensional structure of *Bacillus thuringiensis* subsp. Medellín cry 11bb toxin deduced by homology modelling. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 96: 357-364. 2001.
- [27] Cerón J., Covarrubias L., Quintero R., Ortiz A., Ortiz M., Aranda E., Lina L., Bravo A. PCR, analysis of the cryI insecticidal crystal family genes from *Bacillus thuringiensis*. *Appl Environ Microbial* 60: 353-356. 1994.
- [28] Cerón J., Ortiz A., Quintero R., Guereca L., Bravo A. Specific PCR primers directed to identify cryI and cryIII genes within a *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology* 61: 3826-3831. 1995.
- [29] Martínez W. Evaluación de la unión de delta-endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* en vesículas de las microvellosidades del intestino del gusano blanco de la papa. Trabajo de tesis de maestría en entomología. Facultad de agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 53 p., 2000.
- [30] Martínez W, Uribe D., Cerón J. Efecto tóxico de proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* sobre larvas de *Tecia solanivora*. *Revista Colombiana de Entomología* 2003; 29: 89-93.
- [31] Castelblanco A. Diseño de una metodología para evaluar la actividad bioplaguicida de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* contra larvas de primer instar de *Tecia solanivora* Povolny en laboratorio. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 63 p. 2000.
- [32] Martínez W. Evaluación de la toxicidad de *Bacillus thuringiensis*. Capítulo 9. En: Bravo. Alejandra; Cerón, Jairo. *Bacillus thuringiensis* en el control biológico. Ed. Buena Semilla Bogotá, Colombia. pp. 207-232. 2004.
- [33] Uribe D., Martínez W., Cerón J. Distribution and diversity of genes in native strains of *Bacillus thuringiensis* obtained from different ecosystems from Colombia. *Journal of Invertebrate Pathology*. 82: 119-127. 2003.

- [34] Poveda J., Martínez W., Grosso V., Cerón J. Diversidad de aislamientos nativos de *Bacillus thuringiensis* provenientes de suelos boyacenses. Sociedad Colombiana de Entomología. Resúmenes del XXXIII Congreso. Manizales, julio 26, 27 y 28. P. 52. 2006.
- [35] López-Ávila A. Insectos plaga del cultivo de la papa en Colombia y su manejo. Capítulo V - MIP en el cultivo de la papa. En: Papas colombianas 2000, con el mejor entorno ambiental. 25 años FEDEPAPA. Ventana al Campo Andino 3 (1-2): 152-159. 2000.
- [36] Niño L. Revisión sobre la polilla de la papa *Tecia solanivora* en Centro y Suramérica. Suplemento *Revista Latinoamericana de la Papa*. 4-21. 2004.
- [37] Ciba-Geigy. Manual de ensayos de campo. Cómo realizar un bioensayo. Bogotá. Pp. 14-18. 1978.
- [38] Finney D. J. Probit analysis, 3a. edición. Cambridge. University Press. London. 333 p, 1971.
- [39] Laemmli U.K. Cleavage of structural protein during the assembly of head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685. 1970.
- [40] Schagger H., Von J. G.: Tricine-sodium dodecyl sulfate–polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the range from 1 to 100 kDa. *Anal Biochem* 166: 368-379. 1987.
- [41] Bravo A., Sarabia S., López L., Ontiveros H., Abarca C., Ortiz A., Ortiz M., Lina L., Villalobos F. J., Peña G., Núñez-Valdez M. E., Soberon M., Quintero R. Characterization of cry genes in a Mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology* 64: 4965-4972. 1998.
- [42] M. He W.A, Kaderbhai M.A. A simple single-step procedure for small scale preparation of *Escherichia coli* plasmids. *Nucleic Acids Research* 18: 1660. 1990.
- [43] Crickmore. N.: The diversity of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxins. En: Entomopathogenic bacteria: From laboratory to field application (Ed. J. F. Charles, A. Delécluse y C. Nielsens-Leroux), Kluwer academic publishers, Dordrecht., pp. 41-64. 2000.

Tabla 1. Principales pruebas bioquímicas utilizadas para distinguir los distintos miembros del complejo *Bacillus*.

PRUEBAS	<i>B. Cereus</i>	<i>B. Anthracis</i>	<i>B. Mycoides</i>	<i>B. Thuringiensis</i>
Diámetro de la célula vegetativa	> 1 μ M	> 1 μ M	> 1 μ M	> 1 μ M
Cristal paraesporal	-	-	-	+
Anaerobiosis	+	+	+	+
Voges Proskauer	+	+	+	+
Lecitina de huevo	+	+	+	+
Crecimiento en lisozima	+	+	+	+
Ácidos a partir de D-glucosa	+	+	+	+
Ácidos a partir de L-arabinosa	-	-	-	-
Ácidos a partir de D-xylosa	-	-	-	-
Ácidos a partir de D-manitol	-	-	-	-
Hidrólisis del almidón	+	+	+	+
Hidrólisis de la caseína	+	+	+	+
Reducción de nitratos	+	+	+	+
Catálisis de la Tirosina	X	+	*	*
Catálisis del citrato	X	+	X	+
Catálisis del propionato	*	*	*	*

*: No determinado.

X: Variación significativa entre los distintos aislados.

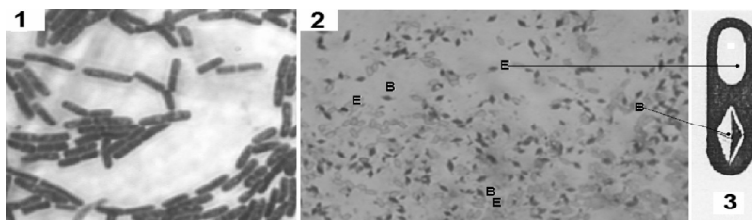


Figura 1. Microfotografía de la célula vegetativa, esporas y cristales de *Bacillus thuringiensis* con tinción cristal violeta a un aumento de 100X. 1) Forma vegetativa de *Bacillus thuringiensis*. 2) Formación de inclusiones de cuerpos paraesporales (ICP's). E=esporas; B=Cristales de forma bipiramidal. 3) Espora elipsoidal posición subterminal. Fuente: www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/

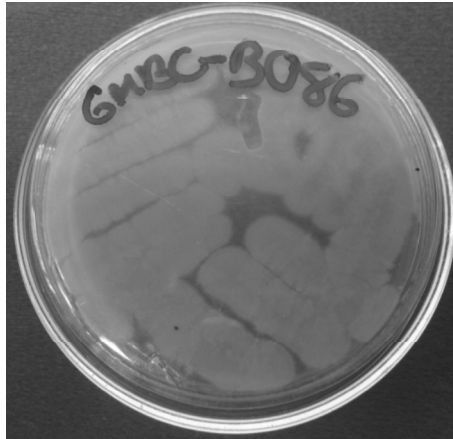


Figura 2. Aspecto típico de un aislamiento nativo de *Bacillus thuringiensis* crecido en medio de cultivo LB. Fuente: Autores.

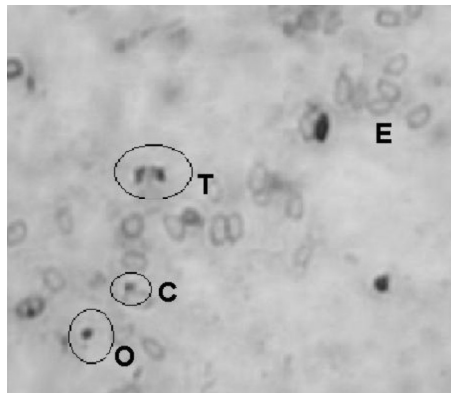


Figura 3. Visualización microscópica de la cepa nativa de *Bacillus thuringiensis* GMBC-B003 que presenta tres tipos diferentes de cristal parasporal: Triangular (T), Cuadrado (C), Redondo (O). Igualmente se observan grupos de esporas (E). Fuente: Autores

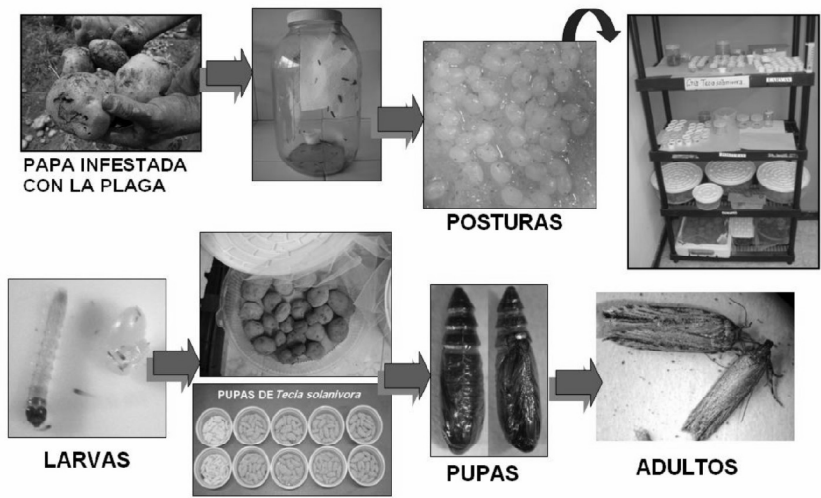


Figura 4. Esquema que muestra la metodología de establecimiento y mantenimiento de la Colonia de *Tecia solanivora* Povolny en condiciones controladas en el área de entomología del laboratorio de control biológico del GMBC (UPTC). Fuente: Autores.

Lista anotada de algunas angiospermas del Parque Nacional Natural El Cocuy, Boyacá-Colombia

JUAN CARLOS ZABALA-RIVERA*
MARÍA EUGENIA MORALES-PUENTES**
PABLO ANDRÉS GIL-LEGUIZAMÓN***

* Biólogo - Joven Investigador, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación Sistemática Biológica - SisBio
Correo: jzabalarivera@gmail.com

** Profesora Asistente. Coordinadora Grupo de Investigación SisBio - Tutora

*** Estudiante Escuela de Ciencias Biológicas. Integrante Grupo de Investigación SisBio

Resumen

Se realizó una revisión del material vegetal depositado en el Herbario UPTC, colectado a través de una caracterización preliminar de la vegetación vascular presente en sector Lagunillas del Parque Nacional Natural El Cocuy; se evidenció el predominio y diversidad de *Asteraceae*, *Cyperaceae* y *Poaceae*, entre otras, de igual manera mediante observaciones directas se identificaron las principales fuentes de intervención humana, las cuales han generado reducción en la cobertura vegetal; esta aproximación muestra una lista anotada de la vegetación característica en mención.

INTRODUCCIÓN

Una gran parte de los ecosistemas de nuestro país han sido objeto de permanente transformación desde los asentamientos indígenas hasta la actualidad; la implantación, de sistemas productivos, usos de sistemas agrícolas intensivos no sostenibles, implantación de prácticas de pastoreo extensivo, desarrollo de infraestructuras, explotaciones mineras a cielo abierto, incendios forestales, cultivos ilícitos, entre otros, han incrementado y generalizado la destrucción y degradación de ecosistemas (Vargas 1996).

La anterior situación es cada vez más grave, sí se tiene en cuenta el incremento de la población, la mayor demanda por productos naturales y la continuación del establecimiento de sistemas de uso de la tierra sin conocer su aptitud de uso (Vargas 1996; Muñoz *et al.* 2005). Estos procesos han generado una serie de repercusiones ambientales que inciden directa e indirectamente en el bienestar de la población y la economía regional.

En efecto, el agotamiento de la cubierta vegetal, la degradación y uso inadecuado de algunas regiones de importancia para el desarrollo económico, ha generado impactos expresados en la reducción de su patrimonio natural rico en biodiversidad, pérdida de suelos agrícolas, agotamiento de las fuentes de agua, restricciones en suministro de energía eléctrica y agua potable, así como la destrucción de bosques que se constituyen en señales de alerta frente al futuro bienestar de la población y las posibilidades de desarrollo (Suescum 2007).

El páramo es un ecosistema, que presenta condiciones ambientales drásticas y por consiguiente opera un tipo de selección abiótica como factores climáticos, edafológicos y geomorfológicos, que condicionan la presencia de organismos (Vargas 1996). Los páramos están sujetos a la posición orográfica sumada a las precipitaciones, las cuales pueden moldearlos en húmedos y secos (Cleef 1981, Sturm & Rangel 1985). Factores como el régimen isotérmico, bajas temperaturas del suelo y la alta radiación ultravioleta son limitantes fisiológicas para las plantas.

Mediante la revisión del material depositado en el Herbario UPTC se establece un conocimiento preliminar de la vegetación del sector Lagunillas del municipio del Cocuy, área de influencia del Parque Nacional Natural Cocuy; a su vez, realizar una estimación inicial de la diversidad florística de esta área, de igual manera se presenta

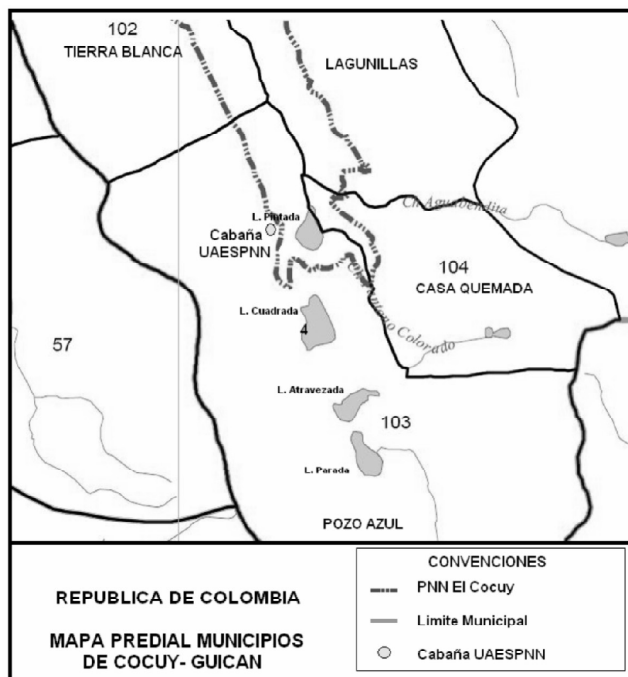


Figura 2. Área de muestreo en el sector Lagunillas (lagunas La Pintada, La Cuadrada, La Atravezada y La Parada) del Parque Nacional Natural de El Cocuy, municipio de El Cocuy-Guicán, Boyacá-Colombia (tomado de Zabala & Zabala-Rivera 2007).

Métodos

El listado de especies se obtuvo mediante la colección de especímenes en el área, se siguió la metodología propuesta por Rangel & Velásquez (1997); durante el 2007, a su vez se realizaron observaciones directas de la vegetación presente para la zona de estudio durante los años 2006 y 2007. Para la identificación de los principales agentes de disturbio del área de influencia se realizaron visitas a los moradores del sector Lagunillas.

Fase de campo

Se realizaron observaciones directas durante diferentes periodos de los años 2006 y 2007; en estas se registraron aspectos como el tipo vegetación dominante, de las

diferentes zonas del complejo lagunar, el tipo y disturbio más frecuente, dicho aspecto fue apoyado por los habitantes más frecuentes del área de estudio.

Para el área de trabajo se realizaron levantamientos de vegetación en la cuenca del complejo lagunar denominado "Lagunillas"; se usaron parcelas de 5x5 m de acuerdo con la metodología propuesta por Rangel & Velásquez (1997), para cada parcela se censaron los individuos de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, se registraron los datos de diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal, cobertura y finalmente se colectó una muestra representativa del ejemplar en estado fértil (flor/fruto).

Fase de laboratorio

El material vegetal siguió los procesos y protocolos curaduriales del Herbario UPTC; en éste se identificó mediante la utilización de claves taxonómicas, entre las cuales se destacan: Gentry (1993), Steyermark & Huber (1978), Luteyn (1983), Huertas & Camargo (1976) y Díaz & Cuatrecasas (2000); el material fue corroborado en la colección de referencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La vegetación del sector Lagunillas del PNN El Cocuy, se caracteriza por la presencia de pajonales y frailejonales, dominados por *Calamagrostis effusa*, *Espeletia lopezii*, *Arcytophyllum muticum*; los arbustales están dominados por *Gynoxys paramuna*, *Diplostephium revolutum* y *Baccharis tricuneata*, los herbazales, se caracterizan por la presencia de *Hypochaeris sessiliflora*, *Acaena elongata*, *A. cylindristachya*, *Lachemilla orbiculata*, *Alenia asclepiadeae* y *Oreobolus cleefii*, entre otras (Anexo 1).

Para este estudio se encontraron 46 especies de angiospermas, distribuidas en 19 familias y 38 géneros; la familia más importante para el sector de Lagunillas es Asteraceae con el 23.75% de los géneros y el 26.08 % de las especies, seguida por Poaceae con el 13.13 %, y 10.94% respectivamente (Tabla 1), las familias siguientes en orden de importancia son: Cyperaceae, Fabaceae y Rosaceae. El género con mayor número de especies fue *Hypericum* (3), géneros como *Pentacalia*, *Carex*, *Baccharis*, *Hypochaeris*, *Lupinus*, *Acaena* estuvieron representados por dos especies (Tabla 1).

Según Suescún (2007) el área de estudio por su topografía y geomorfología presenta enclaves con pendientes pronunciadas sobre los 35°-60°. Estas características

geológicas han favorecido notablemente en el establecimiento de vegetación de porte arbustivo y fuente para la dispersión de semillas a las zonas degradadas por las diferentes actividades humanas (ganadería y quema) que se generan en el área, esto ha permitido y forma así una avanzada recuperación natural que se presenta en las hondonadas de las lagunas La Pintada, La Cuadrada, La Atravesada y La Parada; esta recuperación se debe en parte a la incidencia de los vientos y la humedad relativa presentes en la zona sur oriental y sur occidental del complejo lagunar "Lagunillas" (Suescun *et al* 2007).

Un fenómeno de frecuente ocurrencia se evidencio en los cuatro ecosistemas lenticos del área de muestreo, generado por los vientos provenientes de dirección norte a sur, los cuales al desplazarse chocan en la superficie y arrastran agua superficial hacia zonas de ladera y generan corrientes húmedas de viento, las cuales son depositadas en la vegetación existente, lo que favorece los procesos de retención de humedad por parte de la necromasa y biomasa esenciales para el establecimiento y aumento de los procesos de sucesión natural (Suescún 2007, Zabala & Zabala-Rivera 2007, Muñoz *et al.* 2005).

Tabla 1. Familias más importantes encontradas en el Parque Nacional Natural El Cocuy, sector Lagunillas.

FAMILIA	Especies	%	Géneros	%
Apiaceae	1	2,17	1	2,63
Asteraceae	12	26,08	9	23,75
Cyperaceae	4	8,69	3	7,89
Ericaceae	2	4,34	2	5,26
Fabaceae	3	6,52	2	5,26
Gentianaceae	1	2,17	1	2,63
Geraniaceae	1	2,17	1	2,63
Hypericaceae	3	6,52	1	2,63
Iridaceae	1	2,17	1	2,63
Lamiaceae	1	2,17	1	2,63
Melastomataceae	1	2,17	1	2,63
Plantaginaceae	1	2,17	1	2,63
Poaceae	5	10,94	5	13,13
Polygonaceae	1	2,17	1	2,63
Rosaceae	3	6,52	2	5,26
Rubiaceae	3	6,52	3	7,89
Saxifragaceae	1	2,17	1	2,63
Scrophulariaceae	1	2,17	1	2,63
Valeraniaceae	1	2,17	1	2,63

Para las zonas de muestreo se evidenció una sucesión donde las especies de estrato arbustivo como *Pentacalia pulchella* Cuatr., *Gynoxys paramuna* Cuatr., *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers., *Diplostephium revolutum* S.F. Blake., *Espeletia lopezii* Cuatr., dominan ésta estrato; por otra parte, no establece un estrato intermedio entre herbazales y arbustales, para este estado sucesional se observó la dominancia de *Espeletia lopezii* Cuatr., seguido por el estrato rasante-herbáceo dominado por *Calamagrostis effusa* (Kunth) Steud. *Lachemilla orbiculata* (R & P.) Rydb. *Oreobolus cleefii* L.E. Mora y *Hypericum juniperinum* Kunth.

La vegetación que se encuentra en el valle de Lagunillas, corresponde a parches de bosque, con alturas no superiores a los 3 m, y con mayor frecuencia en las hondonadas de estas zonas y no un bosque altoandino continuo característico de este tipo de ecosistemas; la ausencia de este bosque en gran parte se debe a la intervención humana que se ha afectado progresivamente en este ecosistema por más de 50 años y los factores que afectan directamente son: quema y ganadería intensiva, los cuales han causado disminución en la cobertura vegetal, ampliación de la frontera agrícola y el fenómeno de la paramización, evidenciado por la colonización de especies de frailejones como *Espeletia lopezii* y *Espeletiopsis* sp., entre otros (Figura 1).

De acuerdo con Suescún (2007), Zabala & Zabala-Rivera (2007), Muñoz *et al.* (2005), las quemadas que han sufrido este ecosistema ha ocasionado no solo la pérdida de la cobertura vegetal, como principal consecuencia; si no que, de esta actividad se han derivado numerosos problemas, entre los cuales, se destacan el arrastre del suelo por el agua y intensificación de las corrientes de viento, factores que han ocasionado sedimentación de los principales cuerpos lenticos de este sector y colonización de la vegetación vascular en las áreas de baja profundidad de los cuerpos de agua de las lagunas La Pintada, La Cuadrada, La Atravesada y La Parada (Figura 2).

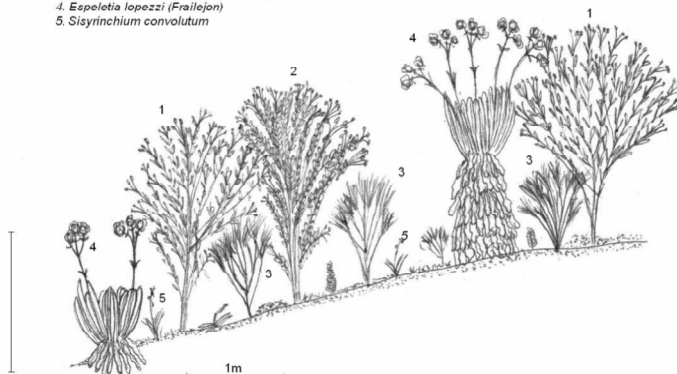


Figura 1. Evidencia sobre el ecosistema de Páramo, de las diferentes acciones humanas (quemadas, pastoreo intensivo y turismo mal dirigido) en el sector Lagunillas del Parque Nacional Natural El Cocuy.



Figura 2. Colonización de la vegetación vascular en los márgenes de las lagunas La Pintada, La Cuadrada y La Atravesada, producto del arrastre de sedimentos por parte del agua y las corrientes de viento, en sector Lagunillas del PNN Cocuy.

1. *Pentacalia pulchella* (Panque)
2. *Diplostephyum* sp. (Romero blanco)
3. *Hypericum laricifolium* (Guarda rocío)
4. *Espeletia lópezii* (Frillejón)
5. *Sisyrinchium convolutum*



Amenazas identificadas en el sector Lagunillas del Parque Nacional Natural El Cocuy

Mediante la revisión de material vegetal y observaciones directa en campo y según Suescún (2007), Zabala & Zabala-Rivera (2007), Muñoz *et al.* (2005), las principales y más frecuentes actividades humanas que causan deterioro en las diferentes áreas de influencia del sector Lagunillas del PNN el Cocuy, son:

- **Pastoreo extensivo**

Pese a las actividades de sensibilización adelantadas por en muchas áreas de amortiguación PNN el Cocuy, se evidencia pastoreo, debido a que estas zonas de páramo son concebidas como un potrero extenso de ganado ovino, bovino, equino y caprino, la cual ha generado altos impactos sobre las zonas de turbera, humedales y cuerpos de agua, donde esta actividad constante crea una degradación y compactación del suelo.

- **Desecación de lagunas, turberas y nacimientos de agua**

Esta acción se observa frecuentemente en los cuerpos de agua (lagunas y quebradas) por colonización de plantas vasculares en las orillas de estos cuerpos; este fenómeno ocurre por el constante arrastre de sedimentos producto de las lluvias y el viento hacia las partes bajas de los valles. Otro factor de incidencia son los canales que muchos

habitantes realizan sobre las zonas de turbera, para efectos de potrerización, ésta acción genera una desecación de las turberas, la cual produce la aparición de pastos, los cuales son aprovechados para el mantenimiento de ganado.

- **Quema y rocería**

Estas dos actividades se complementan en muchos lugares o en las zonas de amortiguación del PNN El Cocuy; actualmente la rocería es una de las actividades que más afecta los diferentes procesos de restauración ecológica; la cual impide la generación y el crecimiento de especies que buscan la recuperación de un ecosistema degradado por la intervención humana; con la implementación de estrategias por parte de la dirección del Parque PNN El Cocuy, estas actividades han disminuido drásticamente para estas áreas.

- **Infraestructura**

Muchas de las vías que conducen a los sitios turísticos en el área de amortiguación del PNN El Cocuy, especialmente sector Lagunillas, han sido obras que han beneficiado a una gran población; sin embargo, muchas de ellas se han convertido en barreras ecológicas, las cuales han disminuido el intercambio entre las poblaciones de fauna y flora, lo que ha ocasionado un aislamiento para muchas especies de estas zonas.

Sin embargo, otro factor incidente y el de mayor frecuencia en este sector es el turismo mal dirigido, debido a que los turistas y/o visitantes no siguen las rutas adecuadas y sus desvíos ocasionan en la mayoría de los casos compactación de suelos y disminución de la cobertura vegetal.

- **Tala de especies**

La tala de especies con interés económico no se da en los sectores de Lagunillas del PNN El Cocuy, por el contrario esta actividad se hace con el fin de obtener leña y consumo local.

El principal impacto de las actividades mencionadas anteriormente, es la disminución de la capacidad de regulación de las corrientes hídricas que descienden de las partes altas a los valles y zonas bajas, lo cual en un futuro no muy lejano ocasionará escases del recurso hídrico para muchas de las poblaciones que actualmente se benefician de los servicios ambientales que presta el valle de Lagunillas.

CONCLUSIONES

A partir de los trabajos realizados por Suescún (2007) y Zabala & Zabala-R. (2006) en la zona de muestreo se ha evidenciado diferentes tipos de intervención humana, entre los cuales se destacan: ganadería intensiva, quema y turismo mal dirigido. Estas actividades han generado deterioro en la cobertura vegetal, lo cual ha demostrado, recuperaciones lentas en la vegetación natural de estos ecosistemas y provocan predominio de las especies en la alimentación del ganado bovino, vacuno y equino de estas zonas.

La abundancia en número de individuos y especies de las familias Asteraceae, Poaceae y Cyperaceae, consideradas familias pioneras en la protección de suelos degradados, se debe a los grandes parches de suelos sin vegetación arbustiva producto de las actividades humanas (quemadas) sumado, a esto en estas familias poseen elevadas tasas de formación de necromasa esenciales para el establecimiento de nuevas especies de estratos superiores.

Es de vital importancia que los pobladores del área de Lagunillas y las directrices del PNN el Cocuy, generen estrategias de compromiso y mantenimiento de estas áreas de amortiguación, con el fin de que los recursos vegetales de esta región no sean sometidos a constantes presiones humanas que conlleven a la destrucción de la capa vegetal y por ende a la disminución del recurso hídrico fundamental para muchas comunidades.

Agradecimientos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, al Herbario UPTC por el acceso a sus colecciones biológicas. A los estudiantes de la asignatura Electiva Disciplinar Botánica I, segundo semestre 2007. A la Escuela de de Ciencias Biológicas y al grupo de Investigación Sistemática Biológica (SisBio). A la Unidad Administrativa Especial del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) del Ministerio del Medio Ambiente. A los funcionarios del Parque Nacional Natural El Cocuy, en especial a Fabio Muñoz, Amanda Zabala y Javier Suescún por la logística y el apoyo durante la estadía en el Parque.

Material examinado

Acevedo J., *et al.* (001, 001(1)); Arias J., *et al.* (005); Ariza., D *et al.* (002, 003, 006, 007, 018); Barrera F., *et al.* (022(1), 022(2), 022(3)); Bernal C., *et al.* (001, 002, 007, 008, 009, 024); Cusba M., *et al.* (005, 006, 007, 008, 009, 010, 011); Gil D., *et al.* (003, 007); Herrera M., *et al.* (002) López M., *et al.* (021, 022, 023(1), 023(2), 023(3)); Lara Y., *et al.* (004, 005, 006, 007, 008, 009, 010); Medrano F., *et al.* (010);

Nova D., *et al.* (014, 016); Ochoa L., *et al.* (004, 008, 016); Pérez L., *et al.* (016); Reyes E., *et al.* (003, 009); Rodríguez C., *et al.* (015, 017, 016, 017, 019); Rojas L., *et al.* (014, 015, 016, 018, 019); Saavedra C., *et al.* (016, 020).

BIBLIOGRAFÍA

- DÍAZ-PIEDRAHITA, S. & J. Cuatrecasas. 2000. Asteraceas de la Flora Colombiana, Senecioneae I. Géneros *Dendrophorbium* y *Pentacalia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras. N° 12.
- Cleef, A.M. 1981. The vegetation of the paramos of the Colombia Cordillera Oriental. *Dissertationes Botanicae*, 61: 320 pp L. Cramer, Vaduz.
- GENTRY A. H. 1993. A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador and Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. The University of Chicago Press. USA.
- HUERTAS, G. & L.A. Camargo. 1976. Catálogo de plantas de Cundinamarca. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Vol III.
- LUTEYN, J. 1983. Ericaceae Part 1 Cavendishia Flora Neotropica Monografía (35). The New York Botanical Garden. New York. USA.
- MUÑOZ F.U., Ariano R., Buitrago V. R., Reyes M., Carvajal J.R., Blanco M.A., Suescún J., Navarrete S. M., Trujillo M., Aguilar C., Ospina M 2005–2009. PLAN DE MANEJO Parque Nacional Natural El Cocuy EL COCUIY – SACAMA – TAME. República de Colombia Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- RANGEL-CH., J.O. Lowy P, D & M, Aguilar. 1997. COLOMBIA Diversidad Biótica II Tipos de Vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Santa fe de Bogota
- RANGEL-CH., J.O & G Lozano-C. 1986 Un perfil de Vegetación entre La Planta (Huila) y el Volcán Puracé. *Caldasia* 14 (68-70): 53-547.
- SUESCÚN J. O., (2007). Estrategia de restauración y mitigación participativa Parque Nacional Natural El Cocuy proyecto Andes. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- STEYERMARK J.A & O Huber. 1978. Flora de Ávila. Flora y Vegetación de las montañas de Ávila, de la Silla y del Niguatá. Sociedad Venezolana de ciencias naturales. Caracas. 971 pp.
- STURM, H. & J.O. Rangel-CH. Ecología de los páramos andinos: Una visión preliminar integrada. *Biblioteca J.J No 9*: 292 Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.
- VARGAS, O. 1996. Impacto del fuego y pastoreo sobre el medio ambiente Páramo. En El Páramo Ecosistema a Proteger. Fundación Ecosistemas Andinos (ECOAN). Vol II. Bogota D.C.

Anexo 1. Familias, géneros y especies presentes en área de muestreo del sector
Lagunillas (Lagunas La Pintada, Cuadrada, Atravesada y Parada) del
Parque Nacional Natural el Cocuy, Boyacá Colombia.

FAMILIA	GÉNERO	NOMBRE CIENTÍFICO
Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>Eryngium humile</i> Cav.
Asteraceae	<i>Baccharis</i> <i>Baccharis</i> <i>Espeletia</i> <i>Gynoxys</i> <i>Hypochaeris</i> <i>Pentacalia</i> <i>Espeletiopsis</i> <i>Senecio</i> <i>Taraxacum</i> <i>Diplostephium</i>	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers. <i>Baccharis rosmarinifolia</i> Hook. & Arn. <i>Espeletia lopezii</i> Cuatr. <i>Gynoxys paramuna</i> Cuatr. <i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth. <i>Hypochaeris radicata</i> L. <i>Pentacalia pulchela</i> Cuatr. <i>Pentacalia vacciniodes</i> (Kunth) Cuatr. <i>Espeletiopsis colombiana</i> (Cuatre.) Cuatre. <i>Senecio niveo-aureus</i> Cuatr. <i>Taraxacum officinale</i> G.Weber. <i>Diplostephium revolutum</i> S.F. Blake
Cyperaceae	<i>Rhynchospora</i> <i>Oreobolus</i> <i>Carex</i>	<i>Rhynchospora darweniana</i> L. <i>Oreobolus cleefii</i> L.E. Mora <i>Carex bomplandii</i> Kunth <i>Carex pichinchensis</i> Kunth
Ericaceae	<i>Disterigma</i> <i>Pernettya</i>	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude <i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.
Fabaceae	<i>Trifolium</i> <i>Lupinus</i>	<i>Trifolium repens</i> L. <i>Lupinus bogotensis</i> Benth. <i>Lupinus alopecurioides</i> Desr.
Gentianaceae	<i>Alenia</i>	<i>Alenia asclepiadeae</i> (Kunth) G. Don
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium santanderiense</i> R. Knuth
Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum juniperinum</i> Kunth <i>Hypericum mexicanum</i> L.f. <i>Hypericum goyanensis</i> Cuatrec.
Iridaceae	<i>Sisyrinchium</i>	<i>Sisyrinchium convolutum</i> Nocca
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia bogotensis</i> L.
Melastomataceae	<i>Castratella</i>	<i>Castratella piloselloides</i> (Bonpl.) Naudin
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago rigida</i> Kunth <i>Plantago lanceolata</i> L.
Poaceae	<i>Calamagrostis</i> <i>Agrostis</i> <i>Cortaderia</i> <i>Paspalum</i> <i>Poa</i>	<i>Calamagrostis effusa</i> (Kunth) Steud. <i>Agrostis</i> sp. <i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pling. <i>Paspalum bogotensis</i> L. <i>Poa anua</i> L.
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex acetosella</i> L.
Rosaceae	<i>Acaena</i> <i>Lachemilla</i>	<i>Acaena cylindristachya</i> R & P. <i>Acaena elongata</i> L. <i>Lachemilla orbiculata</i> (R & P) Rydb.
Rubiaceae	<i>Nertera</i> <i>Arcytophyllum</i> <i>Galium</i>	<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce <i>Arcytophyllum muticum</i> (Wedd.) Standl. <i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl ex Griseb
Scrophulariaceae	<i>Bartsia</i>	<i>Bartsia laniflora</i> Benth.
Saxifragaceae	<i>Ribens</i>	<i>Ribens andicola</i> Jancz
Valerianiaceae	<i>Valeriana</i>	<i>Valeriana longifolia</i> Willk

Zonificación ambiental preliminar del corredor de páramo y bosque alto andino Iguaque–La Rusia–Guantiva, departamentos de Boyacá y Santander

OMAR JAVIER DAZA LEGUIZAMÓN¹
RIGAUD SANABRIA MARIN²
YIMY HERRERA MARTÍNEZ³
MIGUEL BARRERA RODRÍGUEZ⁴
FAUSTO SÁENZ JIMÉNEZ⁵
EDWIN ALBERTO AMADO BARÓN⁶

-
- ¹ Ingeniero Civil - Joven Investigador, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación en Geomática y Ambiente - GIGA
Correo: kianos1a@gmail.com
- ² Ingeniero de Sistemas - Coordinador Grupo GIGA - Tutor
Correo: sanabriarigaud@yahoo.com
- ³ Biólogo - Coordinador Grupo de Investigación XIUA
Correo: yimyherrera@yahoo.com
- ⁴ Biólogo - Integrante Grupo de Investigación XIUA
Correo: miguelitoparamo@yahoo.com
- ⁵ Biólogo - Integrante Grupo de Investigación XIUA
Correo: fsaenzj@gmail.com
- ⁶ Ingeniero Civil - Integrante Grupo de Investigación GIGA
Correo: edwin_alberto_amado_baron@hotmail.com

Resumen

Se presentan resultados preliminares de la zonificación ambiental del corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque-La Rusia-Guantiva. Se empleó análisis de imagen y sistemas de información geográfica para zonificar ecosistemas, trabajo de campo para determinar zonas de conservación y recuperación y análisis de comunidades bióticas para caracterizar los ecosistemas. La zonificación preliminar a 1:100.000 se realizó con imágenes LANDSAT, apoyada en registros de GPS, fotografías terrestres, modelo digital de elevación y fuentes secundarias. Se obtuvieron 100 clases mediante clasificación no supervisada y se agruparon en 11 categorías basadas en la nomenclatura del proyecto Corine Land Cover para Colombia. De 2947 km² del corredor, se encontró que 420 km² corresponden a páramo y 1216 km², a bosque, con predominio del bosque de roble *Quercus humboldtii*; por tal razón se seleccionó como la unidad de muestreo el Parque Natural Municipal Robledales, de Tipacoque, en el cual se evaluó flora y fauna silvestre. Se realizaron levantamientos de vegetación mediante transectos de 50 m por 5 m; igualmente, se hicieron muestreos de aves, anfibios y mamíferos, utilizando redes de niebla, trampas de golpe, captura manual y observación directa. Se encontraron 29 familias de plantas, distribuidas en 40 géneros y 49 especies; las familias de mayor número de especies son Asteraceae, Ericaceae y Rubiaceae; los géneros más variados son *Miconia* y *Beffaria*; el roble es la especie con mayor densidad. En aves se encontró predominio de *Turdus fuscater*, *Columba fasciata* y *Coeligena prunellei*. En mamíferos hay dominancia de ardillas *Sciurus granatensis*; por información secundaria se registraron especies de mamíferos pequeños y medianos. Solamente se registró una especie de anfibios, *Eleutherodactylus lynchi*.

INTRODUCCIÓN

Para el departamento de Boyacá se reconocen dos corredores de páramo: el occidental y el oriental, separados por el valle alto y medio del río Chicamocha. El Corredor Occidental, conocido como Iguaque–La Rusia–Guantiva (con área en el departamento de Santander) o corredor de robles, se encuentra altamente intervenido debido a la cercanía de grandes centros poblados, como Tunja, Paipa, Duitama, Belén y Soatá, y a la alta demanda de servicios ambientales para el desarrollo de actividades agropecuarias e industriales; este corredor, con menor altitud en relación con el Corredor Oriental, presenta características insulares muy marcadas; sin embargo, está directamente asociado con las franjas de bosque de robles más importantes del país, las cuales representan un refugio para la flora y la fauna silvestre de alta montaña; los ecosistemas de alta montaña localizados en el corredor tienen gran importancia estratégica, por los servicios ambientales que ofrecen, representados tanto en biodiversidad como en oferta hídrica y regulación hidroclimática, tanto para Boyacá como para Santander.

Las comunidades de la región necesitan conocer la diversidad e importancia de especies, para realizar su adecuado aprovechamiento y garantizar el desarrollo sostenible. Igualmente, es necesario definir las políticas de manejo de estos ecosistemas de alta montaña, factores que son determinantes de la producción agropecuaria de la región.

En épocas recientes la ecología se ha apoyado en la geomática para desarrollar proyectos que han permitido realizar análisis biológicos a grandes escalas, facilitando la planificación del territorio sobre un mejor conocimiento de la base natural (Franklin y Wulder, 2002; Bailey, 2006). Por ejemplo, Hernández-Stefanoni y Ponce-Hernández (2004) aplicaron la geomática en la zonificación de la distribución espacial de índices de diversidad para la conservación. En la región, las aplicaciones de la teledetección se han centrado en la zonificación de coberturas, como el estudio realizado por la Fundación Natura (Solano *et al.*, 2005), en el cual emplearon imágenes LANDSAT. Se cuenta con estudios regionales que abarcan el área del corredor de interés, como el proyecto CORINE Land Cover para Colombia, en el cual se utilizan imágenes LANDSAT y SPOT.

Este trabajo presenta los resultados preliminares del proyecto “Zonificación Ambiental Preliminar del Corredor de Páramo y Bosque Alto Andino Iguaque–La Rusia–

Guantiva, departamentos de Boyacá y Santander”, cuyo objetivo es realizar la zonificación ambiental del corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque–La Rusia–Guantiva a escala 1:25.000, e identificar zonas de conservación, recuperación y manejo controlado, empleando tecnologías como la teledetección para el análisis de imágenes, sistemas de información geográfica para estimar los índices ambientales y análisis de comunidades de flora y fauna en campo para caracterizar los ecosistemas. Se presenta la zonificación preliminar a escala 1:100.000, como un primer paso hacia el objetivo superior.

En relación con las unidades seleccionadas para la caracterización de biodiversidad, en el proyecto se determinó muestrear las diferentes coberturas de bosque y páramo. Este trabajo incluye los resultados preliminares del bosque de robles. Los datos de campo se recolectaron en la región de Tipacoque.

El proyecto marco busca definir una metodología preliminar que, mediante el análisis de imágenes de satélite, sistemas de posicionamiento global y análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica, facilite el desarrollo de este y otros proyectos de caracterización ecológica y zonificación ambiental para manejo en la región y el país.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de estudio

El corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque–La Rusia–Guantiva se ubica en la zona norte del departamento de Boyacá y sur del departamento de Santander, en el oriente de Colombia. Dentro de la zona de estudio se encuentran áreas correspondientes a 16 municipios de Boyacá y 5 municipios de Santander: Sáchica, Villa de Leyva, Chíquiza, Gachantivá, Arcabuco, Motavita, Cómbita, Sotaquirá, Paipa, Duitama, Santa Rosa de Viterbo, Cerinza, Belén, Tutuzá, Sativanorte y Susacón, en Boyacá, y Gámbita, Charalá, Encino, Coromoro y Onzaga, en Santander. El corredor cubre un área aproximada de 2947 km² y se localiza entre las coordenadas geográficas 72°54' W - 73°31' W y 6°35' N - 5°34' N (figura 1).

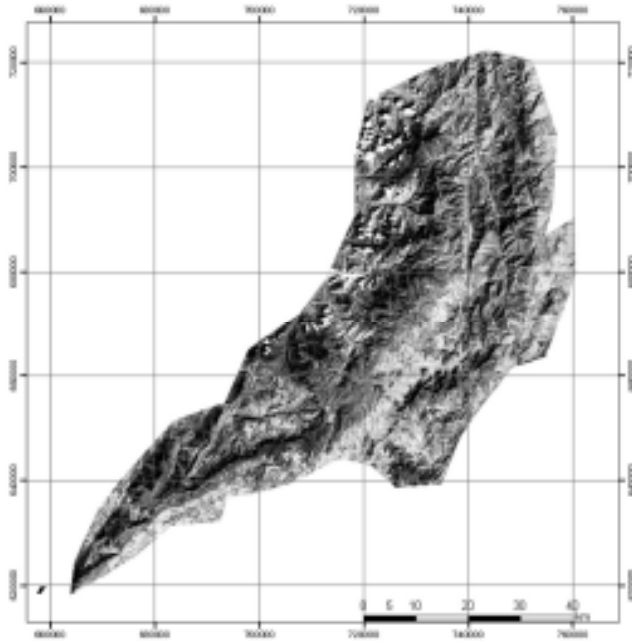


Figura 1. Corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque-La Rusia-Guantiva

Los límites del corredor se definieron teniendo en cuenta la altura sobre el nivel del mar, tomando como base la cota 2800 (msnm); se omitieron algunas zonas a mayor altura que no albergan áreas importantes de páramo y bosque, y se adicionaron otras áreas en alturas menores por encontrarse en ellas zonas importantes de bosque. En la región donde se ubica el corredor se presenta un régimen de lluvias bimodal; los periodos de lluvia son en los meses de abril-mayo y septiembre-octubre (Solano *et al.*, 2005).

1.2 Zonificación de cobertura del suelo

El objetivo del proyecto contempla la zonificación a escala 1:25.000 de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino, para lo cual se seleccionaron imágenes de satélite del programa SPOT 5, ya que con una resolución espacial de 10 metros se puede alcanzar el detalle deseado (European Environment Agency, 1995). Las imágenes SPOT seleccionadas fueron tomadas en los años 2005 y 2006, en los meses de marzo y febrero, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Imágenes LANDSAT y SPOT consideradas en el estudio

Fecha de Adquisición	Satélite	Localización	Resolución Espacial	Características
13/12/2000	LANDSAT 7	WRS(P/R): 7/56	Bandas 1 a 6: 30 metros Bandas 1 a 6:	Imagen ortorrectificada y georreferenciada (UTM/WGS84), base para georreferenciación de otras imágenes y para el trabajo de campo de reconocimiento.
01/04/2003	LANDSAT 7	WRS(P/R): 7/56	30 metros	Imagen cruda, corresponde a la imagen más reciente y con la mejor calidad (nubosidad mínima) para realizar la zonificación preliminar a escala 1:100.000.
10/02/2006	SPOT 5	GRS: 647/338	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó la mitad de la imagen con menor nubosidad.
10/02/2006	SPOT 5	GRS: 647/339	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó el cuarto de la imagen que corresponde con la zona de estudio.
14/03/2005	SPOT 5	GRS: 648/337	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó la mitad de la imagen que corresponde con la zona de estudio.
14/03/2005	SPOT 5	GRS: 648/338	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó toda la imagen por su bajo porcentaje de nubes.

Debido a que estas imágenes aún se encuentran en proceso de adquisición, se han analizado las imágenes satelitales LANDSAT 7 (Tabla 1) de los años 2000 y 2003 (<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>). Con las imágenes LANDSAT y la cartografía 1:100.000 se realizó el mapa preliminar de coberturas 1:100.000.

Como Procesamiento Digital de Imágenes –PDI– preliminar, la imagen LANDSAT del año 2003 se georreferenció tomando como base puntos de control de la imagen del año 2000 y realizando una corrección geométrica polinómica de primer orden. Los desplazamientos de píxeles debidos al relieve fueron corregidos empleando el modelo digital de elevación de la zona de estudio. Para los análisis visuales se utilizó la combinación de las bandas 4 (infrarrojo cercano), 5 (infrarrojo medio) y 3 (rojo), ya que ofrece la mejor discriminación entre coberturas vegetales (Chuvieco, 2002) para el sensor ETM+.

Las mejoras visuales realizadas facilitan el posterior trabajo de campo de reconocimiento. Durante el reconocimiento de la zona de estudio se identificaron y registraron con GPS (receptores con precisión de 1 a 3 metros) las principales coberturas (bosque, páramo, rastrojo, matorral, pastizales, pastos manejados, cultivos, zona erosionada). Otras zonas fueron fácilmente identificadas en la imagen (sombras, nubes, cuerpos de agua y zonas urbanas). Las coberturas identificadas se definen de acuerdo con la leyenda establecida por el proyecto Corine Land Cover para Colombia (Cormagdalena, 2006).

La zona de estudio fue recortada de la imagen LANDSAT del año 2003. Durante la interpretación se identificaron problemas relacionados con la presencia de nubes y sombras que dificultan los procedimientos de la clasificación supervisada, por lo que se optó por hacer la clasificación no supervisada de 100 clases de la imagen, empleando las bandas azul, verde, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio; las categorías obtenidas fueron posteriormente agrupadas de acuerdo con las principales coberturas identificadas durante el trabajo de campo, actividad en la que algunas fotografías terrestres fueron de importante ayuda.

Teniendo en cuenta que las imágenes, aunque de diferentes años, fueron adquiridas en una misma época del año, se puede asumir que se cumplen las condiciones de consistencia en la fenología de la vegetación y humedad del suelo entre imágenes (Chuvieco, 2002; Helmer y Rufenacht, 2005). La clasificación de coberturas se apoyó en muestreos de campo, mediante la recolección de al menos dos puntos con GPS por cada cobertura (Hernández-Stefanoni y Ponce-Hernández, 2004), y el empleo de fotografías aéreas de la zona.

1.3 Recolección de información biológica en campo

En la recolección de la información biológica de campo se emplean metodologías tradicionales, modificadas para establecer evaluaciones rápidas del estado de los ecosistemas, mediante la observación de las especies de fauna y flora sobresalientes. Estos métodos permiten identificar las especies consideradas importantes por su nivel de amenaza, endemismo, rangos climáticos o cualquier otra característica que pueda dar información del estado de los ecosistemas que ellas habitan.

Los métodos de muestreo de flora mediante transecto lineal y a intervalos relativamente regulares permiten caracterizar ecosistemas en zonas relativamente amplias. Los muestreos de fauna con redes y trampas no son destructivos y permiten realizar una caracterización aproximada de las comunidades presentes.

En marzo de 2007 se realizó un muestreo de flora y fauna silvestre en el Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque". El área fue seleccionada por su localización en el extremo norte del corredor Iguaque–La Rusia–Guantiva y por su representatividad del bosque alto andino de robles, con alturas superiores a los 2800 msnm, con algunos fragmentos de páramo localizados sobre los 3000 msnm.

Para la caracterización de la flora se realizaron transectos de 50 m x 5 m, subdivididos en 10 parcelas de 5 m x 5 m cada una (Rangel y Velásquez, 1997; Villarreal *et ál.*, 2004), dentro de los cuales se estimaron variables como cobertura, distribución, altura total, circunferencia a la altura del pecho (CAP) para todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 2,5 cm en bosque y 1 cm en páramo, a partir de los cuales se estimaron los índices de predominio fisonómico y de valor de importancia. Todos los transectos realizados fueron georreferenciados con el fin de relacionar los datos de la caracterización de la vegetación con las coberturas determinadas en las imágenes satelitales.

El estudio de fauna silvestre fue enfocado a los grupos de aves, anfibios y mamíferos, utilizando diferentes métodos de muestreo: el muestreo de aves se realizó mediante la utilización de redes de niebla localizadas en sectores representativos de las coberturas vegetales, como bosques de robles, rastrojos y pastizales, entre las 5:00 a.m. y las 3:00 p.m., y observación directa utilizando un transecto simultáneo de aproximadamente trescientos metros, con tres observadores localizados en diferentes ámbitos del bosque, entre las 5:30 y las 7:30 a.m. Se recopiló información secundaria sobre aves y mamíferos mediante una entrevista con habitantes de la región, utilizando como apoyo la guía ilustrada de Hilty & Brown (1986) para aves de Colombia y el *Libro Rojo de los mamíferos de Colombia* (Rodríguez *et ál.*, 2006); el muestreo de anfibios se hizo mediante exploración de ámbitos durante la noche y captura manual con ayuda de linternas.

1.4 Análisis con SIG

Para facilitar el manejo de información georreferenciada, se diseñó una estructura de metadatos a través de tablas de mapas, layers, entidades y atributos. Se determinaron las funciones de análisis espacial y estadístico para caracterizar los ecosistemas a través de índices de fragmentación, conectividad, forma, tamaño, área núcleo, rango altitudinal y cabecera de cuencas. A partir de estas funciones se diseñó

el modelo matemático y cartográfico (MMC) por implementar en el software FRAGSTATS y ArcGis.

2. RESULTADOS PRELIMINARES

2.1 Mapa de cobertura del suelo

El mapa preliminar de cobertura resultado de la clasificación no supervisada a escala 1:100.000 (Figura 2) se utiliza como reconocimiento de las coberturas principales de la zona. El área total corresponde a 2947 km², de los cuales 14,3% (420 km²) corresponden a páramo; 24,3% (717 km²), a subpáramo; 41,3 % (1216 km²), a bosque; 4,5% (133 km²), a matorral; 5% (148 km²), a pastizal; 3,1% (96 km²), a rastrojo; 4,6 % (135 km²), a sombra; 2% (60 km²), a nubes, y 0,9% (22 km²), a área degradada, zona urbana, pastos manejados, cultivos y cuerpos de agua.

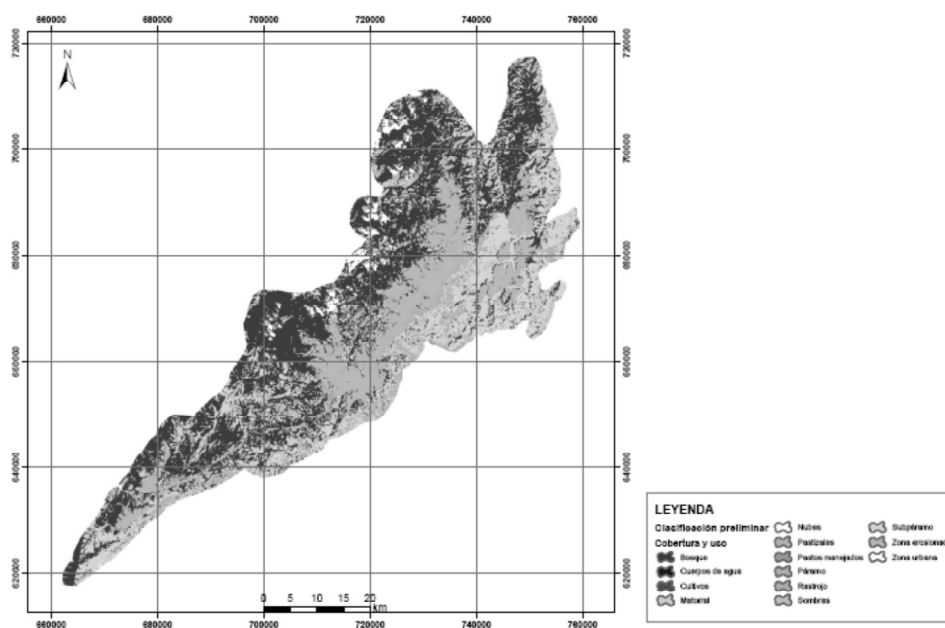


Figura 2. Clasificación no supervisada de coberturas del suelo

Tabla 2. Patrón de páramo identificado de la imagen LANDSAT

VEGETACIÓN DE PÁRAMO Y SUBPÁRAMO		
	FORMA TAMAÑO PATRÓN	Irregular Mediano a grande Indefinido
	POSICIÓN GEOGRÁFICA TEXTURA TONO Y COLOR	Superior a 3200 msnm Fina Homogénea Verde con matices verde claro

2.2 Riqueza florística

En el área del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” se encontró un total de 29 familias, distribuidas en 40 géneros y 49 especies. Las familias que presentaron el mayor número de especies fueron Asteraceae y Ericaceae, con 7 especies cada una, seguidas por Rubiaceae, 5 especies; Melastomataceae, 3 especies; Clusiaceae y Clethraceae, 2 especies cada una. Las demás familias solo presentaron una especie (figura 3, tabla 3).

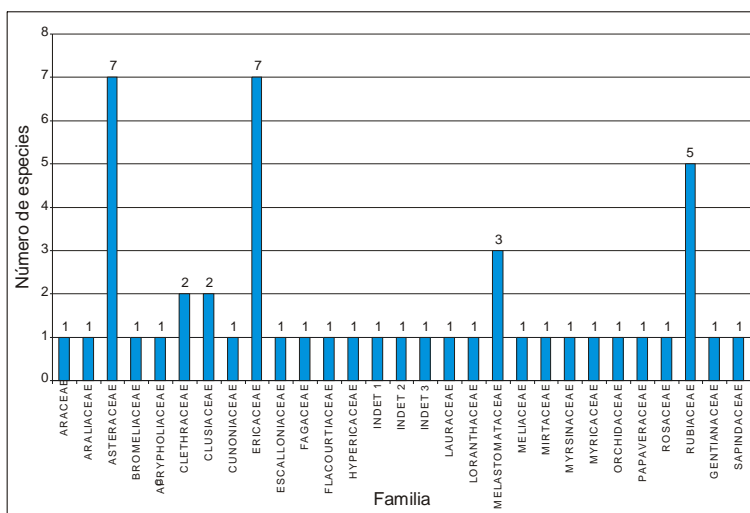


Figura 3. Riqueza de especies por familia registrada para el Parque Robledales de Tipacoque

Dentro de los géneros más variados se encuentran *Miconia* y *Befaria*, con 3 especies cada uno, seguidos por *Palicourea*, *Baccharis* y *Diplostegium*, entre otros (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de plantas registradas para el Parque Robledales de Tipacoque

N.º	FAMILIA	ESPECIE
1	ERICACEAE	<i>Befaria cf. aestuans</i>
2		<i>Befaria resinosa</i>
3		<i>Befaria sp.</i>
4		<i>Cavendishia bracteata</i>
5		<i>Gaylussacia buxifolia</i>
6		<i>Pernetia cf. prostrata</i>
7		<i>Psammisia cf. Sodiroi</i>
8	FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i>
9	RUBIACEAE	INDET 20
10		<i>Psychotria sp.</i>
11		INDET 57
12		<i>Palicourea sp1</i>
13		<i>Palicourea sp2</i>

Tabla 3. Especies de plantas registradas para el Parque Robledales de Tipacoque

N.º	FAMILIA	ESPECIE
14	ARALIACEAE	<i>Schefflera sp.</i>
15	CLUSIACEAE	<i>Clusia sp1</i>
16		<i>Clusia sp2</i>
17	CUNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i>
18	ASTERACEAE	<i>Baccharis sp1</i>
19		<i>Baccharis sp2</i>
20		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>
21		<i>Diplostephium sp1</i>
22		INDET 47
23		<i>Paramiflos glandulosus</i>
24		<i>Pentacalia pulchela</i>
25	MIRTACEAE	INDET1
26	GENTIANACEAE	<i>Symbolanthus sp.</i>
27	SAPINDACEAE	<i>Dodonea viscosa</i>
28	ORCHIDACEAE	INDET 11
29	ROSACEAE	<i>Hesperomeles sp.</i>
30	ESCALONIACEAE	<i>Escallonia sp.</i>
31	CLETHRACEAE	<i>Clethra fimbriata</i>
32		<i>Clethra sp.</i>
33	LAURACEAE	<i>Ocotea sp.</i>
34	LORANTACEAE	<i>Gaiadendrum punctatum</i>
35	MYRSINACEAE	<i>Myrsine sp.</i>
36	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp1</i>
37		<i>Miconia sp2</i>
38		<i>Miconia sp3</i>
39	BROMELIACEAE	<i>Puya sp.</i>
40	ARACEAE	<i>Anthurium sp.</i>
41	PAPAVERACEAE	<i>Boconia frutescens</i>
42	CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum tinoides</i>
43	MELIACEAE	<i>Cedrela montana</i>
44	MYRICACEAE	<i>Myrica parvifolia</i>
45	HYPERICACEAE	<i>Hypericum olaricoides</i>
46	FLACOURTIACEAE	<i>Abatia cf. Parviflora</i>
47	INDET 1 (19)	
48	INDET 2 (36)	
49	INDET 3 (37)	

2.3 Densidad florística

El roble (*Quercus humboldtii*) se destacó por ser la especie con la mayor densidad (Tabla 4); abarca gran parte de los estratos presentes, principalmente el estrato arbóreo con individuos maduros de gran altura y DAP de gran magnitud, al igual que el estrato arbustivo, en donde los individuos juveniles de la especie formaban varillales densos con DAP reducido, principalmente en claros formados por actividades antrópicas o por la caída de individuos viejos de tamaños considerables. Se encontraron otras especies acompañantes de menor abundancia, entre las cuales se destacan *Gaiadendrum punctatum* y *Paramiflos glandulosus*.

Tabla 4. Densidad por especies de plantas registradas para el Parque Robledales de Tipacoque

ESPECIE	N.º individuos	Densidad relativa
<i>Quercus humboldtii</i>	67	44,37
<i>Gaiadendrum punctatum</i>	12	7,95
<i>Paramiflos glandulosus</i>	10	6,62
<i>Pernettya cf. Prostrata</i>	8	5,30
<i>Weinmannia tomentosa</i>	6	3,97
<i>Clethra sp.</i>	5	3,31
<i>Clusia sp.</i>	5	3,31

2.4 Índice de predominio fisionómico (IPF) y de valor de importancia (IVI)

El roble presentó los mayores índices de predominio y de valor de importancia del área (IPF = 214,22, IVI = 155,38), mostrando las características típicas de los rodales compuestos por esta especie. Otras especies de importancia por su dominancia fueron *Gaiadendrum punctatum* (IPF = 9,3, IVI = 16,59) y *Clusia sp.* (IPF = 11,85, IVI = 12,95) (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Estos resultados se relacionan directamente con la amplia cobertura, área basal y frecuencia dentro de las unidades de muestreo que presenta el roble.

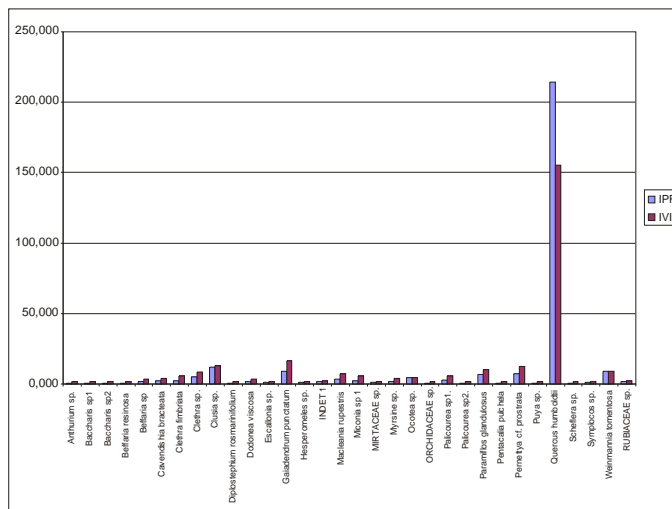


Figura 4. Índices de predominio fisionómico (IPF) y de valor de importancia (IVI) de las especies encontradas en el parque Robleales de Tipacoque

2.5 Fauna silvestre

Mediante avistamientos aleatorios *in situ* se realizaron registros de fauna silvestre (Tabla 5).

Tabla 5. Registros de fauna silvestre por observación directa

AVISTAMIENTOS	OBSERVACIONES
Dos ejemplares de venado de cola blanca <i>Odocoileus virginianus</i> , probablemente una hembra con su cría. En la carretera.	Cerca de un relicto de bosque de robles, día soleado.
Con frecuencia se observan ejemplares de <i>Cathartes aura</i> y <i>Turdus fusca</i> y golondrinas sobrevolando el bosque y el borde de bosque, cerca de la Cabaña.	
Avistamiento directo de una ardilla <i>Sciurus granatensis</i> en el borde de bosque a pastizal en plena actividad.	Árboles de 30-40 metros de altura. Acceso a bosque donde se colocaron las redes de niebla.
Avistamiento de dos ardillas <i>Sciurus granatensis</i> en interior de bosque. Probablemente en busca de comida.	

AVISTAMIENTOS	OBSERVACIONES
Avistamiento de dos especies de aves. 1) Ave negra de pecho amarillo con pico corto. 2) Carpintero.	Las aves se encontraban en el dosel de los robles (<i>Quercus humboldtii</i>) cerca de la red (7).
Avistamiento de un ejemplar de <i>Haplospiza rustica</i>	El ave se encontraba en un arbusto de aproximadamente 1,70 m, un solo individuo. Cerca a la Red 7
<i>Pheucticus aureoventris</i> cuatro ejemplares	El ave se encontraba en el dosel a 40 m aproximadamente, probablemente forrajeando.
	Redes de Niebla en bosque de roble con árboles de aproximadamente 40 m. (Red 7)
	Redes de Niebla en borde de bosque (Red 8)
<i>Coeligena prunellei</i>	Se encontraba en un arbusto de aproximadamente 3 m, próximo a la cabaña; se encontraba forrajeando en una orquídea.
<i>Notiochelidon murina</i> <i>Notiochelidon cyanoleuca</i> <i>Diglossa humeralis</i> <i>Ochthoeca fumicolor</i>	Las tres primeras especies se encontraban sobrevolando frente a la Cabaña y el <i>Ochthoeca</i> se encontraba en borde entre bosque de roble y páramo.

Mediante observación directa se registró la presencia de ejemplares de *guala cabeciamarilla* (*Cathartes aura*), *siote* (*Turdus fuscater*) y *torcaza* (*Columba fasciata*), además de algunos colibríes y otras aves pequeñas no identificadas. Así mismo, se recopiló información secundaria sobre aves y mamíferos mediante una entrevista con el guía-guardabosques Adriano Ramírez, utilizando como apoyo la guía ilustrada de Hilty & Brown (1986) para aves de Colombia y el *Libro Rojo de los mamíferos de Colombia* (Rodríguez *et ál.*, 2006). Las siguientes especies de aves fueron reportadas: águila de páramo (*Geranoetus melanoleucus*), arrastrador (*Chandrohierax urcinatus*), pava (*Aburria aburri*), guere (*Aratinga leucophthalmus*), pregonero (*Lipaugus fuscocinereus*), mirlo (*Seytalopus senilis*), cucarachero (*Henicorhina leucosticta*), siote (*Catharus fuscater*), toche (*Icterus chrysater*), guere (*Cacicas cela*) y copetón (*Zonotrichia capensis*).

Entre los mamíferos se reportaron murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), tinajo (*Agouti taczanowski*), armadillo (*Dasytus novemcintus*) y tigrillo (*Leopardus sp.*). Igualmente, mediante observación directa se registró una gran cantidad de ardillas (*Sciurus granantensis*) en los bosques de robles.

2.6 Análisis espacial y estadístico

Para facilitar el manejo y procesamiento de información del proyecto, se elaboraron documentos de apoyo a la consulta, toma y descripción de datos, análisis espacial y presentación de resultados. Principalmente se elaboró una ficha bibliográfica, una ficha de evaluación cualitativa para artículos, un formato para la descripción de fotografías en el trabajo de campo, una ficha para la elaboración de los metadatos, el modelo matemático y cartográfico del proyecto y un formato para la descripción de las fotografías que serán incluidas dentro de los informes finales, todos con sus respectivas guías.

El modelo matemático y cartográfico consta de cuatro componentes: 1) cálculo de índices de fragmentación, 2) definición de pisos térmicos, 3) determinación de cabeceras de cuencas y 4) cálculo del rango altitudinal de remanentes. En el primer componente se toma el grid resultante de la clasificación hecha sobre las imágenes de satélite, y mediante FRAGSTATS (McGarigal, 2002) se calculan los índices: forma, área núcleo, tamaño y conectividad, a nivel de clase. En el segundo se parte de las curvas de nivel de la zona de estudio y se obtienen los diferentes pisos térmicos. El tercer componente parte de las zonas de altitud y de las cuencas presentes en el área de estudio, para llegar a las cabeceras de cuencas (25% más alto dentro de cada cuenca). El componente de rango altitudinal permite hallar la diferencia entre el punto más bajo y el más alto en cada remanente, con base en las zonas de altitud y los remanentes.

3. COMENTARIOS

Los reconocimientos de campo, junto con la clasificación de la imagen y la revisión bibliográfica, permitieron establecer los principales patrones en las imágenes LANDSAT; estos facilitarán el reconocimiento de coberturas en las imágenes SPOT y la selección de áreas de entrenamiento para la clasificación supervisada.

El Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque presenta extensas zonas de bosque alto andino dominado por roble (*Quercus humboldtii*), cuya representatividad en el departamento es muy reducida. Adicionalmente es posible encontrar especies vegetales nativas como gaque (*Clusia* sp.), encenillo (*Weinmannia* sp.), tuno (*Miconia* sp.), canelo de monte (*Drymis granadensis*), cedrito (*Cedrela montana*), varias especies de frailejón –entre las que se encuentran *Espeletia paipana* y *E. argentea*– uva camarera (*Macleania rupestris*), gran cantidad de briófitos y líquenes –importantes por su papel como receptores hídricos, que adicionalmente son indicadores de un

estado de conservación del ecosistema relativamente bueno– y una abundante diversidad de helechos, principalmente del género *Elaphoglossum*.

En cuanto a mamíferos, se encontró una notable abundancia de ardillas (*Sciurus granatensis*), al parecer, asociada a la homogeneidad del bosque de robles. Los anfibios coleccionados, con el apoyo del Dr. John Lynch, fueron identificados como *Eleutherodactylus lynchi* y se tomó nota de algunos aspectos de su bioecología y distribución geográfica, así como se discutió la posibilidad de realizar un muestreo más riguroso que permita inferir sobre la importancia de esta especie como indicador biológico para ecosistemas de alta montaña.

En la revisión bibliográfica realizada sobre 53 artículos acerca de fragmentación, se coincide con el trabajo de Fahring (2003), quien revisó 100 artículos de la base de datos Cambridge Scientific Abstracts y concluyó que los resultados son difíciles de interpretar, debido principalmente a que son producto de estudios a nivel de parche, no de paisaje, que es en el que se desarrolla en realidad el proceso, y a que se mide la fragmentación de tal forma que no permite distinguirla de la pérdida de hábitat (un proceso diferente).

4. CONCLUSIONES

La clasificación obtenida con las imágenes LANDSAT sirve de referencia durante el trabajo de campo, y a partir de su validación se podrá ingresar información adicional a la posterior clasificación con los productos SPOT.

La presencia de páramo y bosque en la zona de estudio ocupa un área importante dentro del corredor, y aunque la presencia de cultivos y pastos manejados es reducida, se puede apreciar un importante fraccionamiento del páramo hacia la zona norte del corredor, hipótesis que se podrá verificar con el cálculo de índices ambientales. Los ecosistemas zonificados corresponden principalmente a páramo y bosque.

Actualmente existe un interés marcado por el estudio de fragmentación de ecosistemas con fines de conservación de la biodiversidad. Sin embargo, en Colombia aun son escasos los estudios sobre el tema. FRAGSTATS es el programa más usado para desarrollar estudios de fragmentación en ecosistemas, pero es necesario profundizar la caracterización de los fenómenos biológicos analizados con el fin de aprovechar adecuadamente las funciones del programa. No hay literatura disponible sobre MMC con la misma abundancia que sobre fragmentación.

AGRADECIMIENTOS

Este documento se realizó con la ayuda financiera de la Comunidad Europea; su contenido es responsabilidad exclusiva de los Grupos de Investigación XIUÃ y GIGA de la Uptc, y en modo alguno debe considerarse que refleja la posición de la Unión Europea. Agradecemos el apoyo financiero de la Unión Europea, a través del Proyecto “Mejora de los Sistemas de Cartografía del Territorio Colombiano” –EuropeAid/123-385/D/ACT/CO, de Corpoboyacá, y la Uptc; igualmente al IGAC, por el material cartográfico y fotográfico facilitado, y a la CAS, por suministrarnos la cartografía básica de su jurisdicción. Queremos expresar nuestro agradecimiento a quienes han colaborado con su asesoría técnica y diligencia administrativa para la ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- BAILEY, Debra *et al* 2006. Thematic Resolution Matters: Indicators of Landscape Pattern for European Agro-Ecosystems. En: *Ecological Indicators*, pp. 1-18.
- CHUVIECO, Emilio. 2002. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel. 586 p.
- CORMAGDALENA. 2006. Informe CORINE Land Cover, 27 p. [En línea]. Disponible en: www.cormagdalen.com.co
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 1995. CORINE Land Cover. Dinamarca. 163 p. [En línea]. Disponible en: <http://reports.eea.europa.eu/COR0-landcover/en>
- FAHRING, Lenore. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. En: *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-511.
- FRANKLIN, S. E y Wulder, M. A. 2002. Remote Sensing Methods in Medium Spatial Resolution Satellite Data Land Cover Classification of Large Areas. In: *Progress in Physical Geography*, 26(2): 173–205.
- HELMER, E. H. y Rufenacht, B. 2005. Cloud-Free Satellite Image Mosaics with Regression Trees and Histogram Matching. In: *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, (sep.), 71(9): 1079–1089.

- HERNÁNDEZ-STEFANONI, J. Luis; Ponce-Hernandez, Raúl. 2004. Mapping the Spatial Distribution of Plant Diversity Indices in a Tropical Forest Using Multi-Spectral Satellite Image Classification and Field Measurements. In: *Biodiversity and Conservation*, 13: 2599-2621.
- MCGARIGAL, K., S. A. Cushman, M. C. Neel and E. Ene. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. [Ayuda del programa producido por los autores en la Universidad de Massachusetts, Amherst]. Disponible en: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- HILTY S. L. & W. L. Brown. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, USA.
- RANGEL-CH., J. O. y A. Velázquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pags. 59-88. En: J.O. Rangel-Ch., P. D. Lowy-C. y M. Aguilar-P. (eds.): *Colombia Diversidad Biótica II, Tipos de Vegetación en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- RODRÍGUEZ-M, J.V.; Alberico, M.; Trujillo, F. y Jorgenson J. (eds.). 2006. Libro Rojo de los mamíferos de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 433 pp.
- SOLANO, Clara; Roa, Carolina y Calle, Zoraida. 2005. Estrategia de desarrollo sostenible corredor de conservación Guantiva–La Rusia–Iguaque: Boyacá–Santander/Colombia. Fundación Natura, Colombia. 92 p. [En línea]. Disponible en: www.natura.org.co
- VILLARREAL, H.; Álvarez, M.; Cordoba; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña, A. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de diversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 236 p.

Concurso de recolección de adultos de *Premnotrypes vorax*, una alternativa en extensión y disminución de poblaciones

LYDA OCHOA FONSECA*
ÁLVARO ALVARADO GAONA**

* Ingeniera Agrónoma - Joven Investigadora, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo Equipo CREPIB
Correo: lydaochoa95@yahoo.es

** Docente Ingeniería Agronómica. Integrante Grupo de Investigación GIPA - Tutor
Correo: alvaro.alvarado@uptc.edu.co

Resumen

Este artículo de reporte de caso de las prácticas de MIP con énfasis en gusano blanco (GB) de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache), hace parte de documentos de trabajo donde se presentan los resultados de un estudio realizado en desarrollo del proyecto de transferencia en manejo integrado de plagas, en el área piloto de Motavita departamento de Boyacá, zona caracterizada por los grandes daños causados por el insecto a los tubérculos. Con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodologías consideradas importantes en las prácticas que deben realizar los productores de las áreas con presencia de *P. vorax*. En ésta área piloto se identificó inicialmente el por qué de las pérdidas ocasionadas al tubérculo por el insecto, iniciando por ubicar y cuantificar las fuentes de infestación en almacenamiento tradicional de la semilla de papa. El control se realizaba única y exclusivamente con insecticidas como se corroboró en el diagnóstico inicial. Los agricultores manifestaban que era la única alternativa conocida, se efectuaban aplicaciones desde la siembra hasta floración, llegando a realizar cuatro en el ciclo vegetativo de la planta. Tan solo el 17% de los encuestados tenían un concepto claro sobre el adulto del gusano blanco, por este motivo se plantearon capacitaciones sobre biología de la plaga a los agricultores y la realización de colectas nocturnas para identificar el adulto de GB, asociarlo con las diferentes medidas de control recomendadas en MIP y disminuir poblaciones como otra medida de control y/o toma de medidas al respecto. Con este fin se motivó tanto a estudiantes de las escuelas en las veredas, como a los agricultores, quienes no conocían el adulto del insecto, para realizar colectas nocturnas y eventos de capacitación como los concursos realizados entre los productores donde debían recoger y presentar el mayor número de insectos de GB. Luego de realizar tres concursos con colectas superiores a 360.00 adultos se notó una disminución notoria en las poblaciones.

INTRODUCCIÓN

El presente artículo muestra los resultados de un estudio realizado con agricultores del área productora de papa de Motavita (Boyacá), como zona piloto para el desarrollo de una experiencia de Manejo Integrado de Gusano Blanco.

El *P. vorax* (Hustache), Gusano blanco de la papa, Gorgojo de los Andes ó Minador de los Tubérculos, como se le conoce desde 1920, fue detectado inicialmente en los Municipios de Funza, Mosquera, Cajicá y Chía; se cree que vino a Colombia de países del sur, en importaciones de semilla en 1920 (CALVACHE, 1982) menciona la preocupación por controlarlo mediante diferentes métodos incluyendo medidas cuarentenarias.

Muchas de las decisiones en el control o manejo de plagas giran alrededor de la relación existente entre la densidad de la misma y la pérdida de rendimiento del cultivo, entre ellas la aplicación oportuna y eficiente de insecticidas y el conocimiento de prácticas relacionadas con el MIP. El conocimiento acerca de la biología y el ciclo de vida del insecto también es parte fundamental. Al hablar de GB los productores asociaban únicamente al estado larval (que realiza el daño), desconociendo el estado adulto y la relación entre estos dos.

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA (1991) había identificado la vereda Sotepanelas del municipio de Motavita como una de las zonas con mayor incidencia en daños por gusano blanco en el departamento de Boyacá. Lo anterior se corroboró mediante un diagnóstico realizado en las veredas Sotepanelas, Frutillal, y Versalles de dicho municipio. Se efectuaron 111 encuestas a agricultores en las cuales el 50.9% coincidió en que el daño causado por gusano blanco había aumentado en las últimas tres cosechas, el 100% manifiesta que el control químico es el único conocido y usado por ellos. (ALVARADO, 1994) Un 14% de los encuestados utilizaba diferentes productos para su control, tales como insecticidas fosforados, gasolina, petróleo y creolina en su desespero por controlarlo.

El objetivo principal del trabajo fue instruir a profesores, estudiantes y papicultores de la zona piloto en el conocimiento de la biología y comportamiento del insecto. Posteriormente, enseñar acerca de la recolección manual de adultos, en horas de la noche, como práctica para reducir las poblaciones de GB.

METODOLOGÍA

En un área piloto correspondiente a las veredas Sotepanelas, Frutillal y Versalles, del municipio Motavita se identificó la falta de conocimiento acerca de la biología y, específicamente, del ciclo de vida de gusano blanco por parte de los agricultores. Esto les ocasionaba problemas pues las medidas de control que implementaban no eran eficaces y se basaban exclusivamente en la aplicación de insecticidas.

Se determinaron las fuentes de infestación (sitios tradicionales para almacenamiento de semilla, cultivos abandonados, lotes cultivados sin rotación).

A continuación se procedió a realizar talleres de capacitación a docentes, estudiantes y productores de papa de la zona piloto, sobre biología y dinámica poblacional de GB.

El adulto del GB es el estado susceptible de control, que sale en las horas de la noche a alimentarse de las hojas de papa y reproducirse, debido a su hábito gregario se debe aprovechar esta circunstancia para capturarlo. Se recoge sacudiendo las hojas de papa sobre un recipiente, durante la noche. En un comienzo se explicó esta metodología a estudiantes y para motivar su realización, se programó el primer concurso de recolección de adultos de GB en la escuela de Sotepanelas. En el segundo y demás concursos se vincularon productores de papa de las tres veredas. Esta actividad se realizó igualmente en Mayo y Octubre de 1995 y Junio de 1996.

Cada quince días se realizaron demostraciones nocturnas con núcleos familiares en sus parcelas, después de las 7 de la noche se recorrían los cultivos de papa y apoyados por linternas se indicaba dónde se encontraban los adultos y explicaba su anatomía y comportamiento.

RESULTADOS

Mediante las capacitaciones realizadas en las escuelas del área piloto se logró que docentes, estudiantes y agricultores conocieran la biología, anatomía y comportamiento del gusano blanco de la papa.

Con la realización de los concursos de recolección de adultos del insecto se explicó y motivó a los productores de la zona para que usaran este método como una práctica novedosa y complementaria del Manejo Integrado de *P. vorax*, logrando además su

diferenciación de otras especies de Coleópteros tales como *Naupactus* sp. y *Anfideritus* sp., que no son plagas de la papa. Además, con los buenos resultados obtenidos en cuanto a reducción de poblaciones, se generalizó su implementación.

En la Tabla 1 se observan los resultados del primer concurso (Junio de 1994), en el cual el estudiante Héctor Vanegas (Escuela de Sotepanelas) capturó el mayor de número (2405 adultos), seguido por Héctor Molina (1355 adultos). Mediante este primer concurso se logró motivar a productores, con quienes se llevaron a cabo las siguientes actividades de recolección. Para el segundo concurso (Octubre de 1994) se registró la participación de 18 productores, quienes colectaron un total de 131.302 adultos (Tabla 2). Destacándose el número de capturas hechas por los productores Dioselino Suárez (52.174) y Tomás y Raúl Vanegas (36.522)

Con los concursos similares realizados en Mayo y Octubre (1995) y Junio (1996) se logró la captura de un gran total de 429.540 adultos de GB, equivalentes a 12.27 Kg. (Tabla 3). Es un valor relevante si se tiene en cuenta que de los aprox. 130 productores del área, se vincularon tan solo 25.

Si se asume, en relación sexual 1:1, la captura de 214.700 hembras de *P. vorax*, con una capacidad de oviposición 107 huevos por hembra y un porcentaje de fertilidad del 82%, se obtiene una reducción de la población de 18.837.000 individuos.

Tabla 1. Estudiantes participantes en el primer concurso de recolección y el número de adultos capturados.

Escuela	Estudiante	Procedencia	No. adultos colectados
Sotepanelas	Héctor Heli Vanegas	Romerito	2.405
	Hernando Molina	Caseta	1355
	Carlos Emiro Vanegas	Romerito	138
	Arles Molina S.	Panelas	5
Versalles	Edilson Molina	Coronilla	639
	Hernando Molina	caseta	245
Frutillal	Consuelo Quintero Reyes	Frutillal	102
	Viviana Largo Suárez	Frutillal	58
	Zenaida Quintero Suárez	Frutillal	32
	Santos Quintero Rivera	Frutillal	26

Tabla 2. Agricultores participantes y número de insectos capturados y presentados en el segundo concurso (Octubre de 1994).

Agricultor	Vereda	No. de adultos	Peso (g.)
Dioselino Suárez	B. Hondo	52.174	1.500
Tomas y Raúl Vanegas	Panelas	36.522	1050
Luis Carlos Quintero	Frutillal	12.174	350
José Flavio Vanegas	Panelas	9.565	275
Ricardo Hernández	Versalles	6.296	181
Auli Reyes Quintero.	Frutillal	3.896	112
Luis Alexander Acero	Versalles	2.400	69
Héctor Ely Benítez	Versalles	1.670	48
Carlos Rubio	Versalles	1.217	35
Miguel Antonio Doctor	B. Hondo	1.217	35
Heliodoro Ferro	Versalles	1.148	33
Juan de Dios Castebianco	Versalles	991	28.5
Librado Peña Reyes	B. Hondo	383	11
John Jairo Quintero	Frutillal	278	8
John Albert Peña	B. Hondo	209	6
José Ariel Hernández	Versalles	209	6
Fredy Mamerto Fonseca	Versalles	105	3
Leider Reyes Quintero	Frutillal	35	1
TOTAL		131.302	3.751,5

Fuente: ALVARADO, A. Informe Técnico del Proyecto "Manejo Integrado del Gusano Blanco en el área piloto de Motavita, Colombia. Área Entomológica CIP- Perú. Año 1994.

Tabla 3. Resumen de Adultos de Gusano Blanco capturados por los agricultores del área piloto, en los concursos de recolección en los años 1994-1995-1996

Fecha	No. adultos GB
Junio de 1994	5.053
Octubre de 1994	131.302
Mayo de 1995	230.758
Octubre de 1995	9.332
Junio de 1996	53.095
TOTAL	429.540

CONCLUSIONES

Estas novedosas actividades realizadas con los productores del área piloto, y como complemento en las capacitaciones a docentes y estudiantes, motivaron sus inquietudes hacia el reconocimiento del insecto adulto de gusano blanco en su laboratorio natural (campos cultivados y en las horas de actividad del insecto) en donde los núcleos familiares recolectaron los adultos para presentarlos en actividades grupales (Concursos) logrando además que lo diferenciaron de las especies de Coleópteros presentes en los cultivos de papa, no siendo considerados como plagas (*Naupactus* sp. y *Anfideritus* sp)

Para los concursos realizados en 1995 y 1996 se ve una drástica disminución de la población del insecto, los agricultores lo atribuyeron a las recolecciones realizadas el año anterior en desarrollo de los concursos, aunado a la adopción de prácticas de manejo integrado.

Se plantea la recolección manual de adultos de *P. vorax* como alternativa factible para la reducción de poblaciones, la cual puede ser complementaria dentro del MIP

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado A. 1996. Manejo Integrado de Gusano Blanco. En: Memorias Curso Taller MIP GB. Corpoica –CIP. Paipa. Junio 23 al 26.
- _____. 1985. Evaluación del control químico del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache). Tunja. Tesis de Grado U.P.T.C Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Ingeniería Agronómica. 110 p.
- _____. Informes técnicos de actividades realizadas en el proyecto Manejo Integrado del Gusano Blanco en el área piloto de Motavita, Colombia, Área Entomológica CIP-Perú. Años 1994 -1997.
- CALVACHE, 1982. Control del Gusano Blanco de la Papa (*Premnotrypes vorax* Hustache.). Memorias III Curso de Actualización en el cultivo de la Papa. Pasto. FEDEPAPA. P.114-117
- PEÑALOSA, J.; ALVARADO, A. y PALACIOS, M. Informe Técnico Área Entomológica Control Integrado del Gusano Blanco en Colombia, PRACIPA, CIP. En: Memorias

Seminario Taller Manejo Integrado del Gorgojo de los Andes y Polillas de la papa.
Cochabamba Bolivia. Marzo 7 al 12 de 1994.

SALAZAR, E. 1996. Ciclo Biológico y dinámica poblacional del Gusano Blanco de papa
(*Premnotrypes vorax* Hustache) en el municipio de Motavita. Tesis de Grado U.P.T.C
Facultad de Ciencia Agropecuarias. Programa de Ingeniería Agronómica. 110 p.

Este documento fue publicado en la Revista Ventana al Campo. Año 11 No. 2.

Perspectivas del beneficio y aplicación del mineral de Diatomitas en el departamento de Boyacá

SARA M. BARROSO P. *
GIOVANNA SUARÉZ**
EFRAÍN GARCÍA RUSSI***

-
- * Ingeniera en Metalurgia - Joven Investigadora, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación en Nuevos Materiales y sus Tecnologías de Fabricación - NewMAT
correo: saritabarroso2006@hotmail.com
- ** Ingeniera en Metalurgia - Integrante Grupo de Investigación NewMAT
correo: alexa_suarez@yahoo.com
- *** Ingeniero Metalurgico - Coordinador Grupo de Investigación NewMAT - Tutor
correo: egarciarussi@hotmail.com

Resumen

El objetivo principal de este proyecto es beneficiar por vía seca el mineral de diatomitas provenientes del municipio de Chivatá que potencialmente pueden ser empleadas en la Industria de cerveza, vinos, licores azucarados, aceites combustibles y en procesos de descontaminación de aguas residuales. El desarrollo experimental programado constó de una etapa de exploración geológica, una caracterización física, química y mineralógica al mineral en bruto mediante análisis de petrografía, difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX), microscopía electrónica de barrido (MEB). Seguida por una etapa de procesamiento por vía seca mediante ensayos de molienda y clasificación tanto en tamices como en neumociclones. Finalmente, se realizaron pruebas de calcinación sobre los productos obtenidos del beneficio. Caracterización del mineral beneficiado mediante técnicas de DRX, FRX, MEB y permeabilidad. Los resultados de estudio, indican que el procesamiento por vía seca es muy complejo debido a que las diatomeas adquieren rápidamente humedad, afectando particularmente la clasificación por tamices; este aspecto se convierte entonces en un parámetro de control determinante en la eficiencia de la separación. De acuerdo con esto, el principal enfoque de beneficio se realiza con miras hacia la industria de materiales filtrantes, soportado en el hecho de que además de ser la mayor aplicación, a nivel nacional las empresas que usan tierras diatomáceas en sus procesos, importan dicho mineral.

INTRODUCCIÓN

Las diatomitas¹ se definen como depósitos de grano fino de aspecto semejante al de la Creta. Formado por la acumulación en el fondo del mar de los caparazones silíceos de las diatomitas, conocidas también con el nombre de *Tierra de Diatomeas* o *Tierra de infusorios*. Las diatomitas pueden ser de origen marino, lacustre o fluvial y se conocen hoy en día un número muy variado de especies según su morfología y características físicas. Estos yacimientos suelen estar asociados con otras especies minerales como arcillas, cuarzo, minerales de hierro y de componentes alcalinotérreos, que modifican su comportamiento y sus usos. Las materias primas utilizadas por el hombre para su transformación adquieren mayores valores por la necesidad de incorporarles un mayor valor agregado mediante su beneficio a fin de adecuarlas a las necesidades y requerimientos del Sector Industrial.

Actualmente, las diatomitas son beneficiadas por vía seca y húmeda^{2,3,4,5} y se comercializa en una gran variedad de "grades" los cuales se logran gracias al procesamiento de las mismas. La selección del tipo de procesamiento depende en gran medida de la calidad del producto final, referida ésta última al tipo, contenido de impurezas y propiedades específicas según sea su aplicación final.

Las diatomitas tienen múltiples usos⁶, los principales son: como elemento filtrante para purificación de cerveza, vino, licores azucarados, zumos y aceites comestibles; como absorbente, soporte de pesticidas y catalizadores, lechos de animales, etc.; como carga en pinturas, plásticos, caucho, papel, pasta y moldes dentales, etc.; como aporte de sílice para el cemento portland, elaboración de silicatos sintéticos y productos aislantes o ignífugos, y como abrasivo suave para pasta de dientes, pulido de la plata, etc. El modelo del consumo en EEUU, principal país demandante con 497.000 tn 2006, fue el siguiente (figura 1): filtros, 60%; absorbentes, 18%; cargas,

¹ DANA, J.D. Manual de Mineralogía. 4ª Edición. Editorial Reorté, p. 589. 2001.

² ALVES FRANCA S., ADAO BENVINDO D. (2002). Beneficiamiento de Diatomita da Bahía. CETEM.

³ VOLTAIRE A, REY P. BENEFICIATION OF DIATOMITE DEPOSIT IN BASUD, CAMARINES NORTE. Philippine Society of Mining Engineers. Meeting the challenges and Heeding the call Towards the Revitalization of the Industry. November 18, 2005.

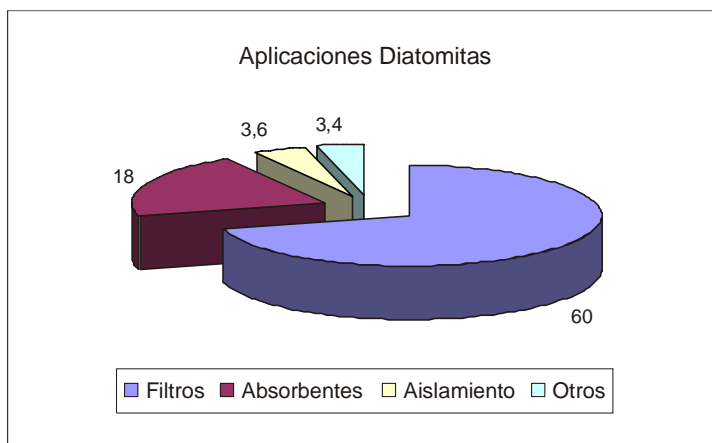
⁴ RAMOS, V., EGUEZ, H., LADINES, L., CARRIÓN, PAÚL. Perspectivas de la explotación y aplicación de tierra de diatomeas en la Península de Santa Elena.

⁵ SANJA M.

⁶ RAMOS, V., EGUEZ, H., LADINES, L., CARRIÓN, PAÚL. Perspectivas de la explotación y aplicación de tierra de diatomeas en la Península de Santa Elena.

15%; aislamiento, 3,6%; otros (cemento, etc), 3,4%, siendo la industria de los filtros la principal aplicación de las diatomitas⁷. De acuerdo con esto, el principal enfoque de beneficio se realizó con miras hacia la industria de materiales filtrantes, soportado en el hecho de que además de ser la mayor aplicación, a nivel nacional las empresas que usan tierras diatomáceas en sus procesos, importan dicho mineral. Para cada aplicación, los requerimientos en cuanto a propiedades físico-químicas pueden variar permitiendo manejar diferentes técnicas de beneficio.

Figura 1. Distribución de las principales aplicaciones de las Diatomitas.



Fuente: los autores

1. TEORÍA DEL PROCESAMIENTO

1.1 Generalidades. La concentración de minerales, es la operación por medio de la cual se eleva el tenor o concentración (en porcentaje) de una mena o mineral determinado, mediante el uso de equipos de separación sólido-sólido produciéndose así la segregación de dos o más especies mineralógicas y generando una corriente enriquecida en un mineral de interés. Para ello, se pueden implementar dos métodos de separación^{8, 9}, así:

⁷ www.igme.es/internet/recursosminerales/panoramaminero/minerales/diaromita03.htm#2-1

⁸ BUSTAMANTE RUA O., GAVIRIAA., RESTREPO BAENA O. Notas de clase de la Asignatura: Concentración de Minerales. Instituto De Minerales CIMEX. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

⁹ WILLS B., MUNN T. Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. Séptima edición. Octubre de 2006.

- a. Métodos que emplean diferentes propiedades físicas o volumétricas de las sustancias minerales.

El grupo de tecnologías que asocia a estos métodos se caracteriza por ser fuertemente dependiente del tamaño de partícula y las propiedades diferenciales que generan la separación pueden ser:

- Diferencia de velocidad de sedimentación, a través de la diferencia de densidad de los sólidos (Concentración Gravimétrica).
- Diferencias de movimiento en un campo magnético de intensidad variable, a través de la diferencia de la susceptibilidad magnética de los minerales (Concentración Magnética).
- Quedarse adherido o saltar de una placa metálica, por diferencias en la conductividad eléctrica cuando las partículas están dentro de un campo eléctrico (Concentración Eléctrica).

- b. Métodos que usan propiedades físico-químicas de superficie, tales como:

- La adsorción o no de agua en la superficie del sólido, por lo tanto los que adsorban agua se humectarán (hidrofilicos) y otros que no se humectan (hidrofóbicos). Los que no adsorben agua (por ejemplo azufre, talco, grafito y molibdenita), serán rechazados por el medio acuoso y si se les coloca cerca de una burbuja de aire saldrían embebidos en ésta y flotarían. Lo anterior implica algunas otras condiciones que se detallaran más adelante.
- Adsorción selectiva de un tensoactivo de tal manera que se produzca una aglomeración selectiva de un mineral o varios minerales y mantener dispersos a los demás minerales acompañantes, lo cual es muy útil cuando se procesan minerales de tamaños de grano ultrafinos (entre 10.0 y 1.0 μm) y coloidales ($< 1.0 \mu\text{m}$). En cada uno de los casos, si el tensoactivo es un polímero se conoce el proceso como floculación selectiva y si es un ión formando un complejo inorgánico se conoce como coagulación selectiva. La Tabla 1 muestra los diferentes métodos de concentración que suelen utilizarse industrialmente y la propiedad diferencial que utiliza cada uno de ellos; lo mismo que los nombres de los aparatos más empleados.

Tabla 1. Diferentes Métodos de Concentración de Minerales y Algunos Equipos Empleados

Nombre del Método	Propiedades que emplea para separar	Principales aparatos
Concentración Gravitacional	Diferencia de velocidad de sedimentación de los minerales	Sedimentador, Hidrociclón, Jig, Canalón Canaletas, Mesa Vibratoria, Espiral, Conos de Separación Centrifugas, entre otros
Concentración Magnética	Susceptibilidad magnética (atracción o no frente a un Magneto u imán)	Separador magnético de tambor, rodillos magnéticos, separador magnético tipo "carrusel", etc.
Concentración eléctrica	Conductividad eléctrica	Separador eléctrico de alta intensidad
Flotación espumante	Hidrofobicidad y/o hidrofiliidad del mineral (mojamiento o no)	Celdas de flotación y columnas de flotación
Floculación selectiva	Adsorción específica de un polímero y formación de flóculo	Sedimentador
Coagulación selectiva	Adsorción específica de iones inorgánicos y formación de un coágulo	Sedimentador

1.2 Beneficio aplicado minerales diatomáceos

La diversidad en las tecnologías de procesamiento de minerales son el resultado directo de la diversidad de los mismos (materia prima) y de la variedad de aplicaciones comerciales (mercado).

La evolución en las tecnologías de procesamiento ha sido impulsada por el esfuerzo de hacer que el recurso mineral cumpla las propiedades físicas demandadas por los mercados, de ésta forma se desarrollan tecnologías de proceso para satisfacer requerimientos más exigentes por parte de los clientes, generando finalmente productos minerales de mayor valor agregado.

Cuando se habla de procesamiento, se hace referencia a dos tipos: en seco y en húmedo¹⁰. La selección del tipo de procesamiento y de la técnica de beneficio depende de las características propias de las impurezas a separar. Muchas aplicaciones de beneficio requieren incluso de sinergia de procesos a través del uso paralelo de procesamiento en seco durante las etapas iniciales, finalizando con técnicas de refinamiento a través de técnicas de procesamiento en húmedo.

1.2.1 Beneficio por vía seca. Es sencillo y consiste principalmente en: secar, triturar, moler y clasificar el mineral¹¹, en algunos casos, se usan procesos adicionales de refinamiento tales como separación gravimétrica, magnética o electrostática en seco. Un diagrama típico de procesamiento por vía seca aplicado a diatomitas se muestra en la figura 2. En este tratamiento, el material se clasifica por tamaños utilizando clasificadores de aire (ciclones – flotación por aire) y se entrega a un tamaño – M325 (44 mm), permitiendo remover solamente las impurezas que están por encima de ésta fracción.

Actualmente las diatomitas se procesan a través de esta vía obteniendo resultados satisfactorios para determinadas aplicaciones, sin embargo, el material que se beneficia de ésta manera es de menor calidad^{12, 13} pues no permite garantizar (controlar) las condiciones de liberación de impurezas de tamaño fino, a menos que se trabajen procesos especiales de molienda de alta energía (atricción)¹⁴, que garanticen dicha separación encareciendo notablemente el proceso. En el caso particular de las diatomitas, debido a las condiciones sedimentarias de sus yacimientos, las impurezas tales como arcillas, cuarzo y óxidos de hierro se encuentran en la fracción menor a 45 mm por lo que se requiere romper los agregados que se forman entre estas especies para obtener separaciones eficientes.

¹⁰ MURRAY, Haydn. Industrial Clays Case Study. En: www.iied.org/mmsd/mmsd_pdfs/064_murray.pdf. International Institute for environment and development. 2002.

¹¹ PRUETT, Robert J. "Process changes and their impact on kaolin resources". Sandersville, Georgia.

¹² PEREZ S, Hector; BOCANEGRAA, Folkenberg. Purificación de los caolines de Oiba mediante tratamiento físico – químico. Tesis de Gradúen Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Físicoquímicas. Bucaramanga. 1999.

¹³ Clay Processing. www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s25.pdf

¹⁴ REED, J. Ceramic processing, second edition, Wiley Inter Science, 1995,p. 315.

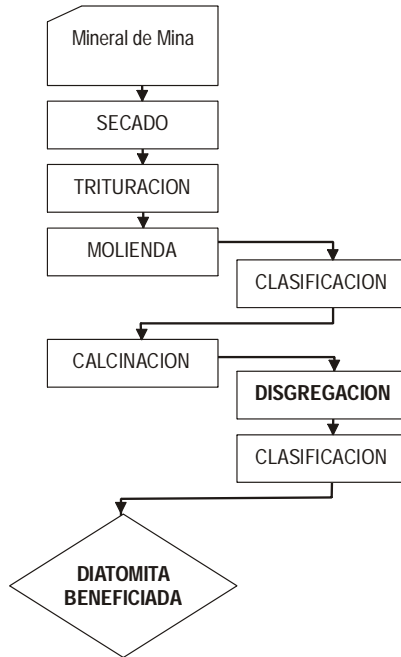


Figura 2. Etapas típicas de procesamiento en seco aplicado a Diatomitas.

1.2.2 Calcinación de minerales diatomáceos. La calcinación se refiere a calentar un mineral o un producto intermedio con el objeto de descomponerlo (por ejemplo, calentar un carbonato para eliminar el CO_2 y formar un óxido) o eliminar el agua después de la deshidratación. La calcinación también se refiere a calentar una mezcla de productos químicos (por ejemplo óxidos o carbonatos) donde, en alguna descomposición pueden ocurrir reacciones, y las reacciones químicas entre sólidos pueden llevar a la formación de fases cerámicas de interés.

Los objetivos de la calcinación suelen ser:

- Eliminar el agua, presente como humedad absorbida, “agua de cristalización” o “agua de constitución” (como en la conversión del hidróxido férrico en óxido férrico).
- Eliminar el dióxido de carbono (como en la calcinación de la piedra caliza en cal en un horno de cal), el dióxido de azufre u otro compuesto orgánico volátil.
- Para oxidar (calcinación oxidante) una parte o toda la sustancia (usado

comúnmente para convertir menas sulfurosas a óxidos en el primer paso de recuperación de metales como el zinc, el plomo y el cobre).

- Para reducir (calcinación reductora) metales a partir de sus menas (fundición).

Las reacciones de calcinación pueden incluir disociación térmica, incluyendo la destilación destructiva de los compuestos orgánicos (es decir, calentar un material rico en carbono en ausencia de aire u oxígeno, para producir sólidos, líquidos y gases). Ejemplos de otras reacciones de calcinación son la concentración de alúmina calentando bauxita, cambios de estado polimórficos como la conversión de anatasio en rutilo, y las recristalizaciones térmicas como la desvitrificación del cristal. Se suelen someter a procesos de calcinación materiales como los fosfatos, la alúmina, el carbonato de manganeso, el coque de petróleo y la magnésita marina.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En la figura 3. Se presenta la metodología general del proceso.

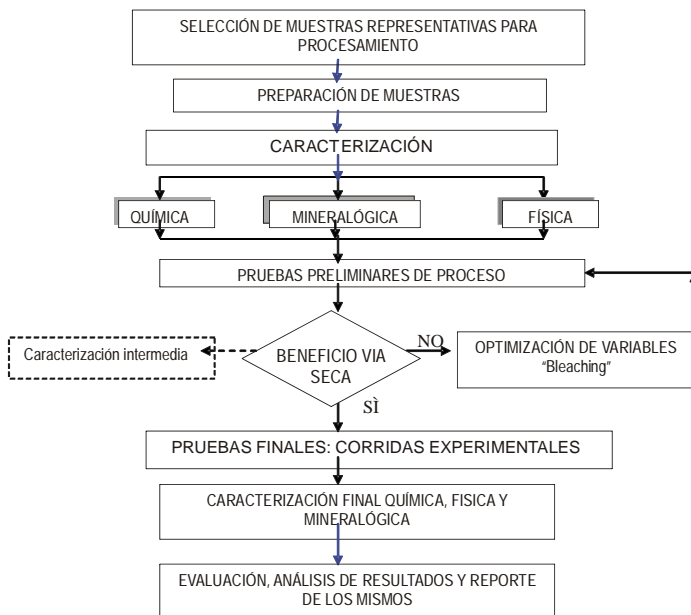


Figura 3. Metodología general del proceso

Fuente: los autores

2.1 Beneficio por vía seca del mineral diatomáceo

El intervalo de tamaño donde los ciclones neumáticos (en aire) son efectivos, comprenden un rango de 50 mm a aproximadamente 170 mm. De acuerdo con las características propias del mineral de estudio, el tamaño de las frústulas va desde 5 hasta un máximo de 168 mm, con tendencia hacia los 5 mm, lo cual limita la eficiencia de la separación por ésta vía. Sin embargo, con el fin de evaluar el comportamiento del mineral, se desarrollaron pruebas de clasificación tanto en tamices como en neumociclones. Las pruebas de neumociclón se desarrollaron empleando un sistema que consta de dos (2) neumociclones (figura 4), para hacer separaciones en dos intervalos de tamaño diferentes, es decir, lo que sale por una de las corrientes del neumociclón 1, se somete a una segunda separación en el segundo.

El sistema consta de:

- Una serie de boquillas por las cuales se garantiza la separación de material por distribución granulométrica, bajo la acción de una corriente de aire.
- Una tolva de alimentación, que desemboca en un sinfín que arrastra el material hacia un tubo el cual está conectado por uno de los lados por un motor impulsador de aire, por otro lado una entrada de aire natural y el tubo de entrada de material al ciclón y por último al ciclón principal del equipo. Una puerta la cual limita la entrada de material hacia este.
- Dos salidas, una por donde desemboca el material pesado y la otra por donde sale el material liviano hacia otro ciclón de separación que tiene las mismas características pero con una separación un poco más selectiva, el cual también tiene dos salidas, una que desemboca en la parte inferior del ciclón y la otra que sale por la parte superior, que se va para unas boquillas también de separación por tamaño, en las cuales sale lo más fino del material en proceso.

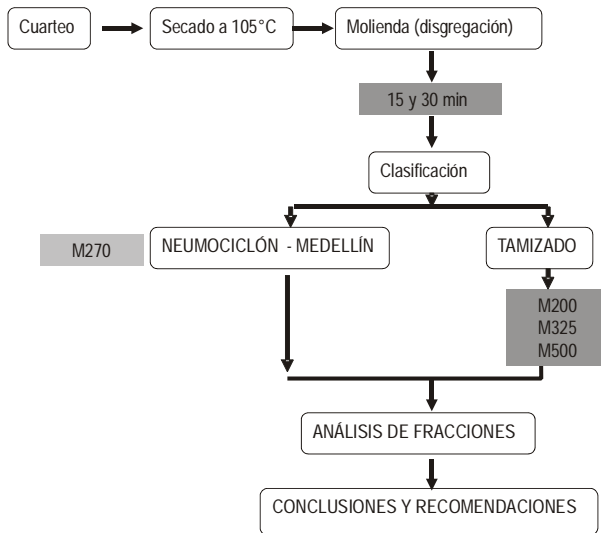


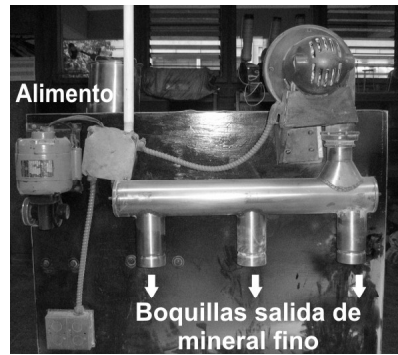
Figura 4. Procedimiento general de beneficio en seco.
Fuente: los autores

La cantidad de material que se utilizó por cada ensayo fue de 200 g de mineral diatomáceo, el cual se preparó con anterioridad mediante molienda en un molino de bolas durante 15 min a 40 rpm, luego se clasificó por malla 270.

1. Inspección rigurosa del equipo, el cual se desarmó y purgó para evitar contaminación del mismo.
2. Se colocaron en todas las salidas de material botellas y bolsas perforadas para la retención del material en estas (figura 5). Luego se procedió a alimentar la tolva con una cantidad de 200 g de mineral.
3. Antes de encender el equipo se procedió a calibrar unas entradas de aire que salían de los ciclones, las cuales controlan el movimiento dentro del ciclón, es decir, se garantizó con esto la presión de aire suficiente para generar el remolino que debe tener en su interior el ciclón en el momento del paso del material. La calibración fue netamente visual.



(a) Parte frontal



(b) Parte de atrás

Figura 5. Sistema de separación en seco.

Fuente: los autores

2.2 Ensayos de calcinación

Los estudios de calcinación de diatomitas se basaron en tres variables fundamentales sobre la calidad del producto final: temperatura, tiempo de residencia y cantidad de fundente, privilegiando la temperatura y la cantidad de fundente, por considerar que el tiempo de residencia puede dejarse constante.

Los ensayos de calcinación se realizaron en una mufla eléctrica sobre muestras de 2gr de diatomita beneficiada y en bruto, que se colocaron en crisoles refractarios, variando las temperaturas y adición de fundente, con un gradiente de temperatura de 5°C/minuto. Las temperaturas ensayadas fueron de 850°C, 950°C y 1050°C, bajo las condiciones de operación que se indican en la tabla 2. La investigación de estas variables operacionales, temperatura, tiempo de residencia y adición de fundente, tienen por objetivo el conocimiento y evaluación de sus efectos, en conjunto a las propiedades de la diatomita calcinada: porosidad, tasa de filtración, diámetro medio de partículas.

Los resultados de los ensayos fueron avalados por evaluación petrográfica, permeabilidad, porosidad, blancura del producto y verificación de superficie específica. En la figura 6 se aprecia el equipo eléctrico empleado en el proceso de calcinación.

Tabla 2. Variables del Proceso de Calcinación a las diatomitas

Condiciones de los ensayos de calcinación en mufla			
Temperatura	850°C	950°C	1050°C
Adición de fundente	2	2	2
	4	4	4
	8	8	8

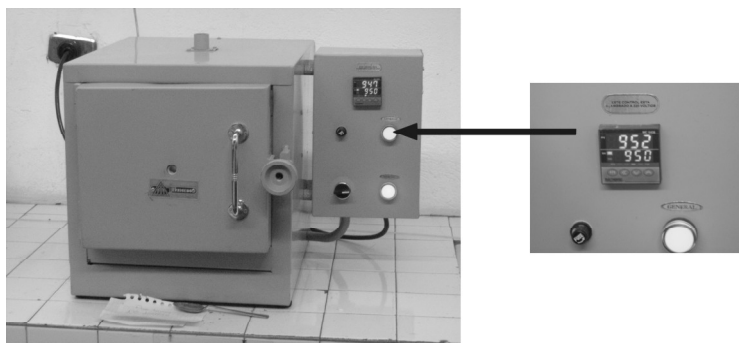


Figura 6. Mufla empleada para calcinación.
Fuente: Laboratorios Escuela de Metalurgia – UPTC.

3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS DIATOMITAS SEGÚN LA "TECHNICAL DATA SHEETS"

A nivel mundial, el primer productor (y consumidor) de diatomita es Estados Unidos, con el 57.2% de la oferta total de 2009. A continuación se presentan algunas especificaciones reportadas por la "technical data sheets", donde se detallan las características fisicoquímicas de las tierras diatomáceas empleadas en varias aplicaciones, resaltando la comercializada bajo la marca *Celatom® DE Filter Aids* para filtros, que relaciona varios grados cada uno de los cuales presentan diferentes propiedades físico - químicas, principalmente en los valores de permeabilidad, indicando la influencia de la técnica de beneficio. Analizando otras especificaciones técnicas, se observa claramente la diferencia notable entre el mineral en bruto y el beneficiado evaluando lo siguiente:

- El contenido de SiO_2 es superior al 89%, valor que debe corresponder más al aportado por las diatomeas que por el cuarzo libre y el que hace parte de las especies arcillosas. Los contenidos de hierro son menores al 2%, valor que no es tan exigente comparado con porcentajes menores al 1% que normalmente se solicita en otros minerales como las arcillas.
- La variación en los valores de PPI indican además de la eliminación de materia orgánica, la baja presencia de minerales arcillosos después de beneficiar. No hay que olvidar que sobre los 400°C los minerales arcillosos reportan cambios estructurales por la pérdida de agua estructural, manifestándose a través de la pérdida de peso.
- El valor de pH confirma la influencia del proceso de beneficio donde se adicionan reactivos que lo modifican. Respecto al beneficio, se observa que es indispensable aplicar procesos de calcinación con y sin fundente para mejorar el ASE. Los retenidos en las malla 140 y 325 son bastante exigentes y sólo pueden darse si se realiza un proceso de beneficio.

3.1 Caracterización Mineralógica. La figura 7, muestra las especies mineralógicas presentes en el mineral de estudio.

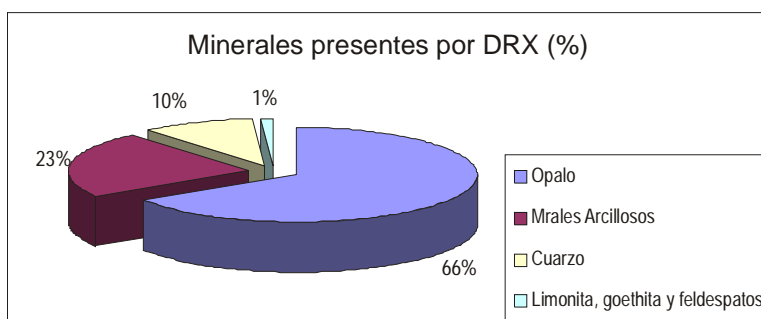


Figura 7. DRX del mineral de Siachoque en bruto.

Fuente: los autores

De acuerdo con esto y con los resultados obtenidos por análisis petrográfico (figura 9) el mineral esta compuesto en orden de abundancia por las siguientes especies:

- Ópalo: compuesto de las frústulas de diatomeas, observándose que es la *Aulocoseira granulata* (figura 10), la especie diatomácea dominante. Hay que resaltar que el mineral en forma proporcional contiene del total de las diatomeas, el 60 % en estado fragmentado, mostrando que de hecho el mineral ya entra fraccionado al proceso.
- Minerales arcillosos: principalmente *illita* y *caolinita*.

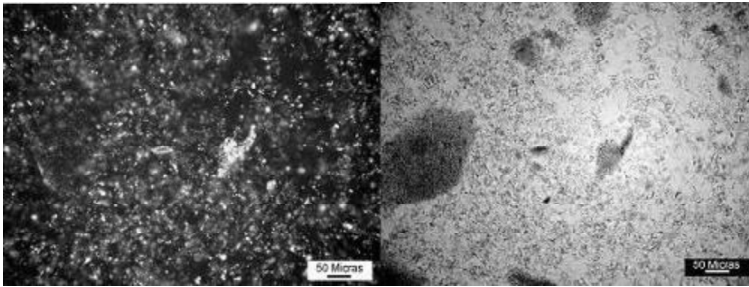


Figura 8. Fotos petrográficas correspondientes al sedimento obtenido después del proceso de beneficio
Fuente: Grupo de Investigación en Geología - UPTC.

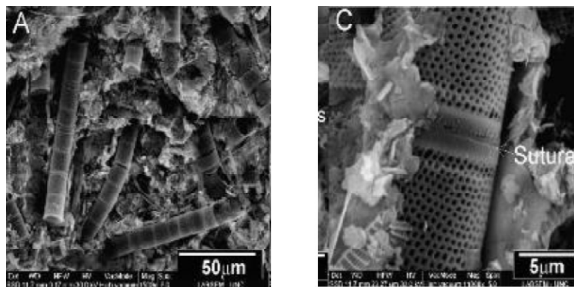


Figura 9. SEM de las especies presentes en el mineral proveniente de Chivatá
Fuente: Grupo de investigación Ingeniería Geológica-UPTC.

3.2 Caracterización Química. Los resultados de la FRX se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de las Diatomitas en Bruto.

	DA1-TOT	DA1-8	DP1-2	DP1-4	DP1-8	DA2-TOT	DA2-CAL	DA2-TAM
SiO ₂	66,223	65,771	76,582	70,208	76,021	76,232	78,581	77,181
Al ₂ O ₃	19,961	16,458	17,983	19,308	16,508	15,056	12,549	14,309
K ₂ O	2,965	1,607	1,827	2,741	2,312	1,501	1,134	1,481
Fe ₂ O ₃	2,197	2,281	3,316	3,415	1,868	1,481	1,224	1,397
TiO ₂	0,702	0,503	0,660	0,716	0,887	0,346	0,251	0,344
MgO	0,422	0,334	0,325	0,464	0,346	0,276	0,157	0,252
Na ₂ O	0,279	0,316	0,325	0,227	0,326	0,261	6,620	-
P ₂ O ₅	0,049	0,080	0,073	0,098	0,049	0,040	0,025	0,026
CaO	-	0,174	0,191	0,111	0,142	0,227	0,200	0,206
S	0,011	0,168	0,058	0,069	0,028	0,033	0,044	0,028

Fuente: los autores

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Beneficio por vía seca

Este procesamiento siempre fue muy complejo debido a que las diatomeas adquieren rápidamente humedad, afectando particularmente la clasificación por tamices, lo que dificultó el proceso; este aspecto se convierte entonces en un parámetro de control determinante en la eficiencia de la separación.

4.1.1 Identificación mineralógica. Se desarrolló el estudio petrográfico a las muestras obtenidas tanto por clasificación por tamizado como por neumociclón. Los resultados obtenidos, referida a la clasificación por tamizado se observa lo siguiente:

La clasificación inicial se hizo usando la mallas Tyler 100, 270, 325 y 500 pero se hizo énfasis solo en la fracción – M 325 y - M500. Se presentaron problemas de taponamientos y formación de aglomerados de material, impidiendo la clasificación.

- Sólo logró una ligera concentración de diatomeas en la fracción – M 500 como se indica mediante los índices metalúrgicos

- Se observa la clara presencia de los minerales arcillosos a través de aglomerados
- La molienda genera daño notable a las frústulas.

La figura 10 muestra el comportamiento de las especies mineralógicas luego de realizar la clasificación por tamizado y neumociclón. Estos gráficos muestran en forma clara que no se presenta un cambio significativo frente al material sin beneficiar, solamente una ligera variación en la presencia de los minerales arcillosos.

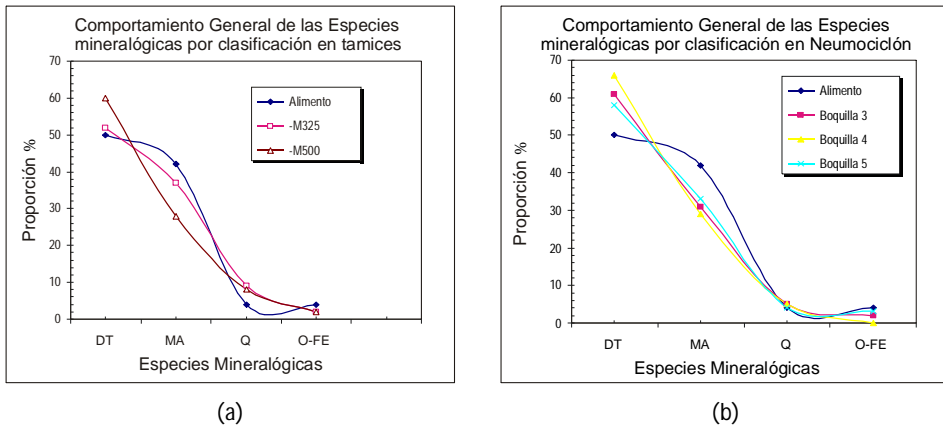


Figura 10. Comportamiento del mineral: a) Clasificado por tamizado; b) clasificado por neumociclón

Fuente: los autores

4.1.2 Balance de masa y evaluación a través de índices metalúrgicos. El análisis de los índices relacionado en éste informe, se hace sobre las corrientes que presentaron la mayor concentración de especies diatomáceas.

La tabla 4 muestra los resultados promedio obtenidos para las corrientes tanto por tamizado como por neumociclón. Como se observa en la petrografía, para cada caso, solamente una fracción logró una concentración relativamente significativa de diatomeas y será sólo sobre éstas que se realizará el análisis de los índices metalúrgicos. La tabla 6 muestra los datos para cada cálculo de índice metalúrgico en diatomitas.

Tabla 4. Balance de masa promedio para cada una de las corrientes de salida del neumociclón

CORRIENTE	Tamizado	Neumociclón
	%	%
<i>A</i>	100	100
<i>t_a</i>	50	50
<i>C</i>	4	1.6
<i>t_c</i>	60	66

Fuente: los autores

Tabla 5. Datos procesamiento en seco para cálculo de los índices

TAMIZADO						
	-M 500 %					%Total
	4					100
PRUEBAS	SALIDA 1	SALIDA 2	SALIDA 3	SALIDA 4	SALIDA 5	%Total
	%	%	%	%	%	
Promedio Pruebas	81.6	13.3	2.3	1.2	1.6	100

Fuente: los autores

La tabla 5 es muy elocuente en cuanto a que no se logran resultados favorables para el beneficio en seco, pudiendo concluir que el procesamiento bajo las condiciones evaluadas, si bien es cierto se logra algún enriquecimiento de la fracción diatomácea, no logró ni rendimientos aceptables ni recuperaciones significativas, no sólo por el alcance mismo de la técnica, el cual se había evaluado desde el comienzo y no era el apropiado, sino también por las características propias del yacimiento (especies mineralógicas), el cual requiere un tratamiento especial de separación que no tiene que ver con técnicas gravimétricas. Se confirma entonces que para éste mineral particularmente, debido a sus características de tamaño, forma y estado de las especies diatomáceas predominantes comparadas con los minerales arcillosos, no resulta apropiado, lo cual proyecta el beneficio por técnicas de separación centrífuga.

4.1.3 Evaluación mineralógica de diatomita calcinada

Realizados los ensayos de calcinación en mufla, se pudo concluir que las mejores condiciones de operación se obtienen a una temperatura de 950°C y 8% de fundente, bajo éstas condiciones se observa que el tamaño de partícula aumenta con la temperatura, lo que indica que esta variable es fundamental en la fusión y aglomeración de las partículas finas de diatomita, especialmente cuando se ha adicionado fundente que reduce la temperatura de fusión de la sílice. Además petrográficamente se observa una concentración de 66% de diatomitas. A una misma temperatura y bajo condiciones de operación de 4% fundente, se reporta una concentración de 64% diatomitas y un valor más bajo de 63% sin adición de fundente. Con éstos resultados, se verifica que no se necesita de una temperatura superior a 1000°C, manteniendo constante el tiempo de residencia en 30 min, intervalo en el cual ocurre la calcinación total de material.

4.1.4 Evaluación de propiedades físicas

Con el objeto de conocer las propiedades petrofísicas de la diatomita calcinada a utilizar principalmente como elemento filtrante en procesos químicos, se realizó análisis de los parámetros petrofísicos básicos como permeabilidad y porosidad a las muestras calcinadas y en estado natural. Los resultados indican que la diatomita calcinada presenta un promedio de porosidad de 49.5% y un promedio de permeabilidad de 3.9 md, mientras que las muestras en estado natural presentan un promedio de porosidad de 35% y una permeabilidad de 0.984 md. Teniendo en cuenta los anteriores resultados, se observa que la muestra calcinada presenta mayor permeabilidad que la muestra natural. Como el sistema de aplicación de la diatomita de estudio es un medio húmedo, se recomienda estimar la permeabilidad al líquido y complementar estudios previos.

Por otro lado, otra propiedad física muy importante objeto de estudio es la blancura del producto obtenido de la calcinación, propiedad que no sufrió cambios importantes debido a los altos contenidos de hierro, como se aprecia en la figura 11 formación de áreas coloreadas en el mineral, después de haber sido sometido al proceso de calcinación, valores muy superiores a los que se presentan en diatomitas de otras latitudes.



Figura 11. Formación de áreas coloreadas en el mineral beneficiado.
Fuente: los autores

Es importante señalar que a medida que aumenta la temperatura de calcinación, el tamaño de las partículas crece y el área superficial específica disminuye, proceso que se viabiliza gracias a la presencia del carbonato de sodio que actúa como fundente.

Mediante la calcinación, parte de la estructura terciaria de la frústula diatomácea se funde, disminuyendo de este modo la superficie específica del mineral procesado. El promedio de la distribución granulométrica de la materia prima, aumenta considerablemente por sinterización de fragmentos y escoriación de contaminantes arcillosos. Con este proceso se logra aumentar las velocidades de flujo en aplicaciones como ayuda filtrante, controlar la capacidad absorbente de las tierras y aumentar la blancura.

Adicionalmente, se puede afirmar que en forma generalizada en un medio ambiente salobre va a existir una población de diatomeas de especies grandes, lo cual entregaría una materia prima de calidad apta para elaborar ayudas filtrantes rápidas. En un medio ambiente de aguas finas, claras y dulces se desarrollarían preferentemente especies de dimensiones menores, aptas para elaborar ayudas filtrantes de gran brillantez pero con razones de flujo menores. En éste último caso la distribución granulométrica puede aumentarse cuando las especificaciones del producto final así lo requieran mediante una calcinación adecuada de la materia prima.

De lo anteriormente expuesto, se desprende que la evaluación cabal de un yacimiento de diatomitas comprende no solo su ubicación y el conocimiento de la distribución de sus contaminantes sino que además, es necesario un acucioso estudio micropaleontológico. De esta forma, se pueden catalogar los distintos yacimientos con la mayor eficiencia posible, según su aplicabilidad tecnológica.

5. CONCLUSIONES

- El 39% de permeabilidad obtenidos en la diatomita calcinada, indican que se logró eliminar materia orgánica asociada al mineral de estudio, ya que ésta se encuentra obstruyendo los poros de las diatomeas y como consecuencia afecta la capacidad filtrante del material.
- Un cambio favorable de las propiedades químicas de la diatomita, es la eliminación nociva de hierro y calcio, enfocada principalmente como elemento filtrante. El calcio contenido en la caliza CaCO_3 se elimina por la transformación en cal CaO . Este polvo fino, se segrega a las bolsas filtro en la clasificación neumática final. Por otra parte, el hierro no se elimina, pero la calcinación produce la oxidación del óxido ferroso a óxido férrico que es más estable y no se disuelve durante la etapa de aplicación como medio filtrante.
- Analizando los resultados obtenidos por DRX y correlacionándolos con la FRX, se asume que el aporte de aluminio expresado como Al_2O_3 , corresponde a la presencia de minerales arcillosos, por lo tanto si se compara con otros yacimientos del mundo, necesariamente éste requiere de un procesamiento diferente a la vía seca para garantizar la separación y posterior concentración de la fracción diatomácea.
- Dentro de la evaluación de las posibles aplicaciones, teniendo en cuenta el nivel de concentración máximo de las especies diatomáceas (64%), si bien es cierto se logran cambios en las suspensiones filtradas, éste yacimiento es el más apropiado para éste tipo de aplicación.

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Sandra Rocío Manosalva. Directora del Grupo de Investigación en Geología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

INGEOMINAS (1999). Proyecto Inventario Minero Nacional. Departamento de Boyacá. Industrial Minerals and Rocks. Indiana Geological Survey. Published by: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado. 1994.

SANHUEZA V, KELM U y CID R. J. (2003). Chem. Tech. and Biotech., 78, 485

SANHUEZA V, KELM U y CID R et al., (2004). J. Chem. Tech. and Biotech., 79, 686.

SANHUEZA V, KELM U y CID R et al., (2006). J. Chem. Tech. and Biotech., 81, 14.

Standar test methods for chemical análisis of ceramic whiteware clays. Annual book of ASTM standar. Vol 15.02.

MANOSALVA, Sandra. Caracterización mineralógica de arcillas y su aplicación en el beneficio. 2004, 178p. Tesis de grado (Maestría en Geología). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá.

UPME (2005). Unidad de planeación minero energética. Ministerio de Minas y Energía.
WALDEMAR, L. (1983). Mineral Deposits, New York, Ed. Mc Graww Hill. 260 p.
www.ingeominas.gov.co - (2006) Catastro minerales de Colombia.
www.legiscomex.com - (2005). Importaciones de diatomitas.
Frederic L, Kadey Jr. Industrial Mineral and Rock (1983).

Caracterización superficial de recubrimientos obtenidos por sol-gel

BIVIANA CAROLINA PARADA*
CÉSAR ARMANDO ORTIZ OTÁLORA**
ENRIQUE VERA LÓPEZ***

* Ingeniera en Metalurgia - Joven Investigadora, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión - GSEC
Correo: biviana83@hotmail.com

** Docente Escuela de Física. Coordinador Grupo GSEC - Tutor
correo: cesar.ortiz@uptc.edu.co

*** Docente Escuela de Metalurgia. Investigador Grupo GSEC
correo: Enrique.vera@uptc.edu.co

Resumen

Este trabajo presenta los resultados obtenidos de la consolidación de películas cerámicas de tipo $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ en dos concentraciones diferentes 10-90 y 30-70 respectivamente, aplicadas por el método de inmersión a nivel de 3 capas sobre sustratos de acero inoxidable AISI 304, con el fin de estudiar las propiedades que ofrece este tipo de películas al sustrato a nivel superficial. Se empleó la técnica Sol-Gel para la obtención del recubrimiento usando como precursores Tetrabutoxido de Titanio (TBT) y Tetraetil Orthosilicato (TEOS), 2,4 Pentanodiona como acomplejante y Etanol como solvente. La película se depositó usando la técnica de inmersión Dip Coating. El acero recubierto es sometido a un tratamiento térmico de homogenización y adhesión en un horno mufla con el fin de garantizar que las películas queden adheridas al sustrato. Las propiedades superficiales del acero recubierto fue evaluado por medio de los análisis de Microdureza, Adhesión y desgaste. Los resultados muestran un aumento significativo en las propiedades superficiales del acero AISI/SAE 304.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se utilizó la técnica de obtención de recubrimientos por el método sol-Gel con el fin de mejorar las propiedades superficiales del acero AISI-SAE 304. El proceso sol-gel es una técnica muy versátil, y de gran interés para la síntesis de materiales.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología de los procesos sol-gel ha permitido la obtención de materiales cerámicos a partir de suspensiones coloidales mediante la hidrólisis y polimerización de compuestos metalorgánicos a baja temperatura [1].

Investigadores griegos emplearon la técnica Sol-gel para fabricar recubrimientos sobre acero basados en silicio y titanio con unas propiedades de la superficie idóneas para su uso en diferentes aplicaciones, los Ingenieros han aplicado cada vez con más frecuencia esta técnica debido a su control inherente de la estructura y la composición química resultante. Científicos del CPERI (instituto de Investigación de ingeniería de procesos químicos) en el Norte de Grecia, aprovecharon las ventajas de la técnica sol-gel para diseñar recubrimientos avanzados de acero. El CPERI, en colaboración con otros ochos socios de la Unión Europea, desarrolló recubrimientos de Silicio, Titanio y Silicio –Titanio. Basándose en la teoría que los recubrimientos deben tener impermeabilidad, resistencia mecánica, y buena adherencia [2].

El grupo de superficies electroquímica y corrosión de la UPTC en marco del proyecto Colciencias “RECUBRIMIENTOS CERAMICOS E HIBRIDOS FUNCIONALES CON RESISTENCIA A LA CORROSION Y PROPIEDADES OPTICAS” ha venido estudiando este tipo de recubrimientos a nivel de monocapa, bicapa, tricapa obteniéndose buenos resultados referente al desempeño de estas películas.

En comparación con el sustrato de acero inoxidable sobre el que se aplican, los recubrimientos son incluso más duros y lo que es más importante, tienen una superficie más lisa. Este aumento en la dureza significa que no sólo se ha mantenido la durabilidad, sino que se ha mejorado.

Para determinar las propiedades superficiales resultantes del acero inoxidable AISI-SAE 304 se realizaron los análisis de Microdureza, adhesión y Desgaste.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El primer paso para la conformación de soles estables del sistema binario $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ Es la determinación de las características de los reactivos a utilizar, en la tabla 1 se referencia las características de los reactivos utilizados para el proceso de conformación del sol.

Tabla 1. Principales características de los reactivos utilizados

Tipo de alcóxido	Pureza/ Concentración	Peso molecular (g/mol)	Densidad (g/cm ³)
Tetraetil Orthosilicato $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$	98%	208.33	0.933
Tetrabutóxido de Titanio $\text{Ti}(\text{OBu})_4$	97%	340.36	1

Fuente: J. Bautista, "Producción y caracterización de películas cerámicas $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ sintetizadas por el método Sol-gel para aplicaciones anticorrosivas", Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2006).

El procedimiento utilizado para la fabricación de los soles estables, se observa en la Figura 1, la cual comprende una serie de pasos secuenciales, como sigue: primero se preparan dos soluciones separadas, la primera de ellas conteniendo la mitad del volumen del solvente (EtOH), el volumen total del acomplejante (2,4 Pentanodiona), el volumen total del precursor de titanio $\text{Ti}(\text{OBu})_4$, se mezclan en el orden en que se nombraron, teniendo en cuenta que el alcohol es el solvente de los precursores y el acomplejante es la sustancia que va a disminuir la velocidad de hidrólisis y condensación del $\text{Ti}(\text{OBu})_4$. Teniendo preparada la primera solución, se procede a obtener la segunda solución, compuesta por, la mitad del volumen del etanol (EtOH), el volumen total del precursor de Silicio $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ y la mitad del volumen de agua; estas se mezclaron en el orden de mención, tal que el alcohol cumple con el papel de solvente y el agua da inicio al proceso de prehidrólisis del $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$, para lograr una buen mezcla y homogeneidad en el recubrimiento a producir, la mezcla se realizó utilizando agitación magnética a 300 r.p.m. Cuando las dos soluciones ya estén

preparadas por completo se procede a mezclarlas, después se agrega el volumen de restante de agua, esto con el fin de favorecer la hidrólisis del sistema; manteniendo la agitación magnética, procurando cubrir el vaso o recipiente en el cuál se está preparando el sol, para evitar contaminantes que se pueden encontrar en la atmósfera circundante, lo cual altera las propiedades del recubrimiento.

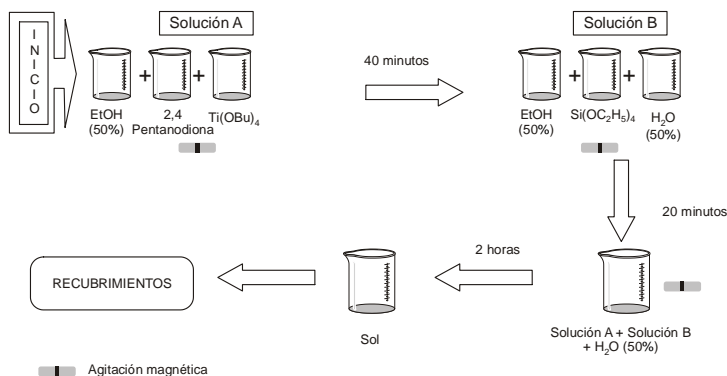


Figura1. Proceso de Conformación del recubrimiento para un sistema binario.
 Fuente: J. Bautista, "Producción y caracterización de películas cerámicas SiO₂ TiO₂ ZrO₂ sintetizadas por el método Sol-gel para aplicaciones anticorrosivas", Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2006).

Después de consolidar el recubrimiento, se procede a aplicarlo sobre acero AISI-SAE 304 el cual se ha sometido a previa preparación metalografía hasta brillo espejo con el fin de obtener una superficie lisa homogénea libre de suciedades e inclusiones ajenas al metal, las cuales influyen negativamente en la adherencia y las propiedades del recubrimiento aplicado y finalmente se realiza la caracterización de los recubrimientos usando las pruebas de microdureza, adhesión y desgaste. La microdureza se describe como la condición de la superficie del material no representando ninguna característica fundamental de la materia. El ensayo de microdureza es simple y de alto rendimiento, y es altamente útil para evaluar los diferentes componentes microestructurales del material, Para determinar los valores de microdureza de los substratos de acero AISI-SAE 304 con y sin aplicación de recubrimiento, se aplicó una carga de 0.245N o 25 g, con un tiempo de contacto de 20 segundos, el análisis se hizo por triplicado, promediando los valores respectivos. Para la realización del análisis de adhesión se seleccionó el método de determinación de la adhesión de los recubrimientos, que fue desarrollado y patentado por la firma

DAIMLER BENZ bajo la norma N°81. se aplicó una carga de 150 Kg. sobre la superficie del acero recubierta utilizando un indentador cónico de diamante 120° de apertura y una punta redondeada con un radio de 0.2 mm. La carga se aplica, y origina sobre la superficie de la muestra, una impresión con grandes tensiones inducidas de tracción y compresión a su alrededor. El valor de las tensiones puede superar la energía de la adhesión de la interfase sustrato- recubrimiento causando el desprendimiento en algunas zonas. El método para cuantificar el desgaste se describe en la norma ASTM G 65-91, la cuál es una práctica de laboratorio conocida como Dry Sand/Rubber Wheel Test. Esta prueba consiste en colocar la probeta en contacto con una esfera endurecida la cuál rota a una velocidad determinada, el contacto probeta esfera se mantiene a través de un torque el tiempo de contacto entre metal-metal, va desde los 20 a 120 segundos con lubricante que continuamente se le suministra a la esfera. Como resultado del contacto entre la esfera y la probeta, hace que se produzca un desgaste uniforme en la probeta, y por lo tanto una perdida en masa y volumen de la misma.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de la prueba de microdureza se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de microdureza obtenidos

Microdureza HV Concentración	Monocapa	Bicapa	Tricapa
Ti/Si			
90-10	303	364	385
70-30	240	267	338
Substrato de Acero inoxidable AISI-SAE 304 sin recubrimiento : 219 HV			

Fuente: el autor

El valor de microdureza del sustrato AISI- SAE 304 sin recubrimiento es de 219 HV, lo que marca una diferencia entre los sustratos que están recubiertos con la película cerámica, de la tabla 2 se deduce que los mayores valores de microdureza vickers, se obtuvieron con el sistema bicomponente Ti/Si en concentración 90/10 a nivel de 3 capas, lo cual a través de el proceso de investigación se podría concluir que esto es debido a la alta concentración del precursor de titanio presente en el sistema. La figura 2 muestra en forma esquemática un diagrama de barras comparativo de los resultados del ensayo de microdureza.

Los resultados del ensayo de adhesión se observan en las figuras 3 y 4 y la tabla 3

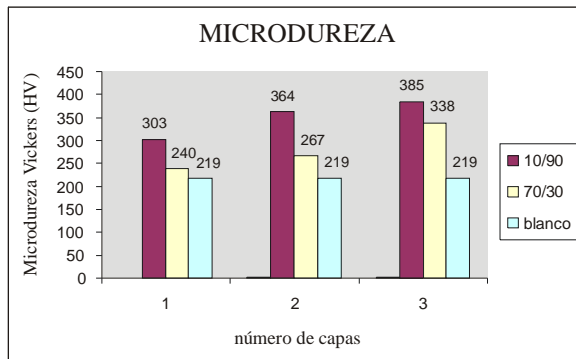


Figura 2. Diagrama de barras comparativo de los valores de microdureza obtenidos.
Fuente: el autor

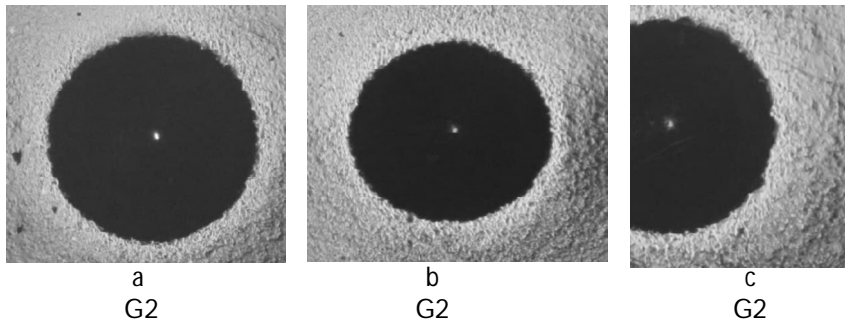


Figura 3. Análisis de Adherencia para los recubrimientos de los sustratos $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 10/90 en sus 3 capas
Fuente: el autor

De la figura 3 se tiene que al evaluar el grado de adhesión para los 3 niveles de aplicación de las capas a. monocapa, b. bicapa, C. Tricapa se encuentra que es G2 porque denota una pequeña deformación de la película, sin embargo no se encuentran indicios de desprendimiento de ésta, alrededor de la indentación.

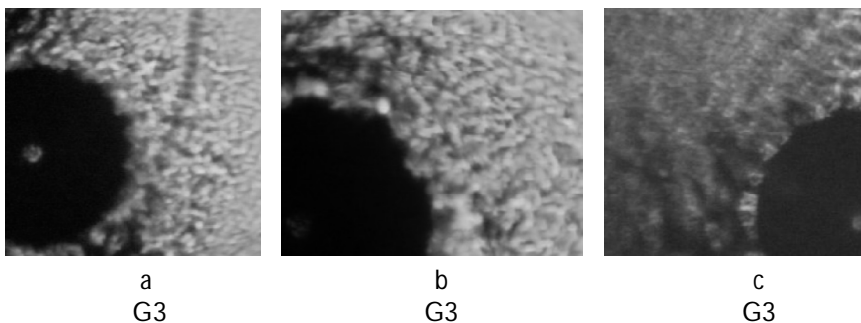


Figura 4. Análisis de Adherencia para los recubrimientos de los substratos $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 30/70 en sus 3 capas
Fuente: el autor

De la figura 4 se puede observar el resultado de la evaluación de adhesión corresponde a un grado G3 para los 3 niveles de aplicación de las capas a. Monocapa, b. bicapa, c. Tricapa correspondiente al sistema $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$, señalando la presencia de grietas alrededor de las huellas y con cuarteamiento del recubrimiento alrededor de la huella.

Tabla 3. Grados de adhesión del sistema $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ para las dos concentraciones evaluadas.

Concentración	Monocapa	Bicapa	Tricapa
$\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 10/90	G2	G2	G2
$\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 30/70	G3	G3	G3

Fuente: el autor

Al realizar una comparación de los resultados que se encuentran en la tabla 3, se puede decir que los recubrimientos que poseen un mayor grado de adhesión son los correspondientes a la concentración $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 10/90 con un grado G2. Este grado es catalogado como alto. Para la prueba de desgaste se empleó una carga de 1Lb con un tiempo de contacto de 20 segundos, y las huellas se analizaron en el microscopio electrónico de barrido de la UPTC. En las figuras 5 y 6 y la tabla 4 se observan los resultados obtenidos de esta prueba.

Tabla 4. Resultados obtenidos en la prueba de desgaste.

Concentración	Monocapa	Bicapa	Tricapa
SiO ₂ /TiO ₂ 10/90	3.62 mm	3.37mm	3.09mm
SiO ₂ /TiO ₂ 30/70	4.02mm	3.57mm	3.34mm

Fuente: el autor

4. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos de la prueba de adhesión aunque cualitativos, permiten concluir que los recubrimientos multicomponentes mejoran las propiedades mecánicas superficiales del sustrato
2. De los resultados del análisis de desgaste se puede concluir que el recubrimiento con concentración 10/90 SiO₂/TiO₂, presenta los más altos valores en cuanto a resistencia al desgaste en contraste con los obtenidos en concentración 30/70 SiO₂/TiO₂
3. En general los recubrimientos obtenidos por el método sol-gel y aplicados por inmersión Proporcionan un aumento en las propiedades mecánicas especialmente en las del acero AISI/SAE 304.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es financiada por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas"-COLCIENCIAS, en el marco de desarrollo del proyecto: "Recubrimientos cerámicos e híbridos funcionales con resistencia a la corrosión y con propiedades ópticas", código 1109-06-17621

A Ph. D Jorge Enrique Rodríguez Páez del departamento de Física de la Universidad del Cauca por sus enseñanzas, apoyo, y dedicación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andrade G., "Conformación de recubrimientos de silicio – circonio y silicio – circonio – titanio utilizando la técnica sol – gel" Universidad del Cauca. (2004).

- [2] www.certh.gr Revestimientos mixtos de silicio y titanio, mejoran las propiedades del acero inoxidable, <http://> on line, Noviembre 28 de 2005.
- [3] Andrade de M., Feliu S. "Corrosión y protección metálica" Consejo Superior de investigaciones científicas (CSIC) Vol I, Madrid (1991).
- [4] B. Parada. Recubrimientos anticorrosivos SiO₂/TiO₂ obtenidos a partir de suspensiones Sol-gel y aplicados sobre acero AISI 304. Monografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2006)
- [5] Brinker, C. J., Scherer, G. W. «Sol-Gel Science: the physics and chemistry of Sol-gel processing» Academic Press, Inc. (1990).
- [6] Cahn R. W. , Maasen P., Kramer E., "Materials Science and Technology: A Comprehensive Treatment", Vol 7 New York. (1992).
- [7] Castro M. "Recubrimientos protectores obtenidos por deposición electroforética EPD a partir de suspensiones Sol-gel" Tesis de Doctorado en Química. Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC) Madrid, (2003)
- [8] Dexter S., Gao G., "Effect of Sea Water Biofilms on Corrosion Potential and Oxygen Reductions on Stainless steel". Corrosion, 87, 7171 – 732. (1988).
- [9] Durán A. "Recubrimientos Protectores Producidos por Sol-gel". Instituto de cerámica y vidrio, Madrid (2002).
- [10] Fisher, G. Ceramic Coatings enhance Performance Engineering. Am. Ceram. Soc. Bull. 283-287. (1986)
- [11] Floch, H.G., Belleville, P.F., Priotton, J.J, Pergon, P.M.; Amer. Ceram. Soc. Bull., 74, 60 (1995).
- [12] J. Camargo, "Estudio del proceso de sinterización por plasma de recubrimientos cerámicos tipo SiO₂ TiO₂ ZrO₂ obtenidos por el método sol-gel", Monografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2007)
- [13] J. Bautista, "Producción y caracterización de películas cerámicas SiO₂ TiO₂ ZrO₂ sintetizadas por el método Sol-gel para aplicaciones anticorrosivas", Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2006).
- [14] L.D. Landau and B.G. Levich, Acta Physionchim, U:R:S:S., 17, 42 – 54 (1942).
- [15] Mafla A. "Conformación de recubrimientos cerámicos de sílice titanio por el método sol-gel". Universidad del Cauca (2003)
- [16] Mangonon, P. L. Ciencia de materials: selección y diseño; Pearson Educational. (2001)
- [17] Manual clasificación y características del acero inoxidable. Centro Nacional Para el

Desarrollo del Acero Inoxidable "CENDI" , México, Mayo 2002.

- [18] Ohring Milton, *The Materials Science of Thin Films*, 1992, Academia Press, London, pp 420-438.
- [19] Perez C., Collazo A., Merino P., Novoa X. R., "Characterisation of the barrier properties of different paint system. Part II, Non-ideal difusión and water uptake kinetics", *Prog. Org. Coat.*, 32, 169-177 (1999).
- [20] Perez Nestor, *Electrochemistry and Corrosion*, Kluwer Academia Publisher, 2004, pp 84-92
- [21] Pierre A. "Introduction to sol – gel processing" Kluwer A. P. 4(1988).
- [22] Randall M. German, "Fundamental of sintering". Pennsylvania State University. 260 – 269.
- [23] Rodríguez, J. E., Mafla, A., Andrade, G., Durán, A. "Modificación química del precursor de titanio para obtener soles estables de silice- titanio: Uso de acetilacetona", *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 43, 53 – 55 (2004).
- [24] Sánchez, C., Ribot, F.; *New Journal of Chemistry*, 18,1007 (1994).
- [25] Sánchez, C., Ribot, F.; *New Journal of Chemistry*. 18, 1009 (1996).
- [26] Schroeder, H., *Phys. Thin Films* 5:87-141 (1969)
- [27] T. Yoko, K. Kamiya, A. Yuasa, K. Tanaka, and S. Sakka, *J. Non – Cryst. Solids* 100, 483 (1988).
- [28] Taylor, T.A.; Begeron, c.; Eppler, R. A. *Ceramic coatings*, 9th. *Metal Hand-Book*. Vol. 5. Am. Society for Metals usa. (1992).
- [29] Velasco, M. *Síntesis y caracterización de ormolises obtenidos a partir del TEOS y PDMS*, Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Madrid, 1999.
- [30] Yoldas, B. E., U.S. Patent 4, 346, 131 (Aug. 24, 1982).
- [31] Zarzychi, J.; "Advances in Ceramics". *AM. Ceram. Soc.* 41 (1982).

La planeación estratégica herramienta para el fortalecimiento de la competitividad: el caso de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama

FLOR MARLEN AVILA GUERRERO*

* Administradora Industrial - Joven Investigadora, 2008 - 2009
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación Construyendo Comunidad Educativa
Correo: flomavi@gmail.com

** Lilia Teresa Bermúdez Correa. Docente Investigadora - Tutora

Resumen

El presente documento sintetiza los elementos centrales de una investigación cuyo objetivo general se centró en diseñar un plan estratégico para las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama, utilizando como procedimiento de investigación: la contextualización de las pequeñas y medianas empresas industriales en el ámbito nacional, departamental y provincial; el análisis estratégico de estas unidades productivas; la identificación de estrategias; la alineación de la estrategia con la misión y visión de las pymes industriales de la provincia del Tundama y por último el planteamiento estratégico. La investigación fue de tipo descriptivo, basándose en la identificación de características fundamentales de la planeación estratégica como aspecto de estudio. Finalmente se concluye que las pequeñas y medianas empresas tienen adaptabilidad a los diferentes cambios que se vienen presentando con la mundialización de la economía, sin embargo requieren de acciones efectivas y eficaces que les permita el mantenimiento y el crecimiento en el mediano y largo plazo, adicionalmente, es necesario determinar que las estrategias pueden ser revisadas para su implementación en pymes del sector industrial.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la competitividad se ha convertido en un referente para las organizaciones en el mundo, por consiguiente se torna en una preocupación por parte de las directivas de las empresas en el ámbito nacional, regional y local; debido a que se pretende lograr el propósito de ser competitivos y desde luego permanecer en el mercado.

En este sentido, desde la línea investigación "*Desarrollo Tecnológico y Competitividad en las Pequeñas y Medianas Empresas Industriales de Boyacá*" del grupo "*Construyendo Comunidad Educativa*", de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, se realizó una exploración en el campo empresarial, con el fin de identificar elementos que permitan afrontar de mejor manera los retos que trae consigo la mundialización de la economía y con ello abordar los principales cambios que se han venido presentando en los ámbitos político, económico y cultural, tanto a nivel nacional como internacional.

El objetivo principal de la investigación fue diseñar un plan estratégico para el fortalecimiento de la competitividad de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama, para lo cual se procedió realizando el siguiente procedimiento: contextualización de las pequeñas y medianas empresas industriales en el ámbito nacional, departamental y provincial; análisis estratégico de estas unidades productivas e identificación de estrategias; la alineación de la estrategia con la misión y visión de las pymes industriales de la provincia del Tundama, la determinación de factores críticos de éxito y finalmente el planteamiento estratégico para el fortalecimiento de la competitividad.

Para la realización de estudio fue importante la conceptualización relacionada con competitividad y planeación estratégica.

Según Gary Hamel (1994), citado por Bermúdez (2007), la competitividad puede definirse como la capacidad de una empresa, un sector o un país para mantenerse e incursionar en nuevos mercados a partir de la innovación permanente.

Koontz (2001) señala que “la planeación salva la brecha existente entre dónde se está y a dónde se quiere llegar. Hace posible que ocurran cosas que de lo contrario no ocurrirán. Aunque es muy raro que se pueda predecir con exactitud el futuro, y aunque factores fuera de nuestro control puedan interferir con los planes mejor concebidos, a menos de que se elaboren planes se estarán dejando los acontecimientos a la casualidad. La planificación es un proceso intelectualmente exigente; se requiere determinar, en forma consciente, cursos de acción y basar las decisiones en el propósito, el conocimiento y estimaciones consideradas” (Koontz, 2001, 48). Por lo tanto la planificación comprende seleccionar misiones y objetivos y las acciones para alcanzarlos.

Según Thompson y Strickland (2001), indican que la creación de la estrategia concierne al cómo: cómo lograr los objetivos del desempeño, cómo superar la competencia de los rivales, cómo lograr una ventaja competitiva sustentable, cómo reforzar la posición de negocios a largo plazo de la empresa, cómo lograr la visión estratégica de la administración sea una realidad para la compañía (Thompson y Strickland, 2001, 45).

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio se enmarca dentro del tipo de investigación de carácter descriptivo. Inicialmente se identificaron las características fundamentales de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama, de las cuales se describieron los aspectos y/o variables que influyen en su gestión.

El diseño metodológico utilizado es el no experimental, dado que no se controla ni se manipulan las variables tenidas en cuenta en esta investigación.

El procedimiento de investigación realizado se ilustra en el diagrama de bloques de la figura 1.

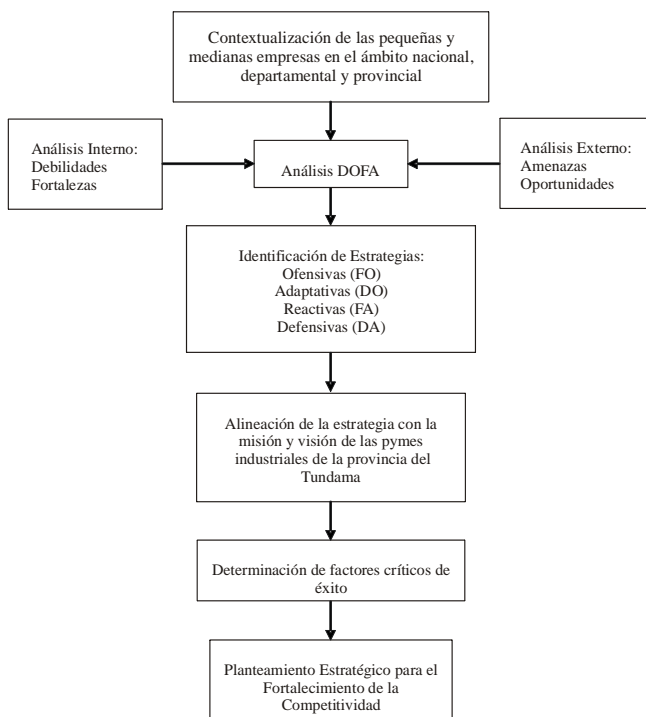


Figura 1. Diagrama de bloques del procedimiento de investigación.

Fuente: el autor

Contexto nacional y departamental de las pequeñas y medianas empresas industriales en Colombia

En la legislación colombiana se define pequeña y mediana empresa, Pyme, teniendo en cuenta la ley 905 de 2004¹, donde se considera pequeña empresa la planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores o activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes, y mediana empresa la planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores o activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) a treinta mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

¹ Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana.

Según Barriga (2006) en la industria manufacturera colombiana hay 7.230 establecimientos, donde laboran 545.897 trabajadores, es decir, un promedio de 75,5 empleados por empresa; la producción por trabajador (productividad), fue de 159,97 millones, destacándose que las empresas pequeñas representan el 68% y las medianas el 24% de los establecimientos.

En el mismo sentido, Barriga (2006) señala que la pequeña empresa genera el 17% del empleo y el 12% de la producción bruta, mientras que la mediana empresa participa con el 31% del empleo y aporta el 25% de la producción industrial.

Por consiguiente, vale la pena destacar la importancia de la labor desarrollada por este tipo de organizaciones debido a que generan un dinamismo en la economía del país, dado que ofrecen productos y servicios que por un lado son destinados como materias primas o productos intermedios en los procesos de las grandes empresas, y por otro lado abarcan nichos de mercado donde la gran empresa no llega.

Es importante resaltar que a nivel del país se ha venido trabajando acerca de diferentes mecanismos para apoyar la competitividad, es por ello que a través del Decreto 2828 y el CONPES 3439 de 2006 se sentaron las herramientas para dar orden al Sistema Nacional de Competitividad, lo cual se convierte en un mecanismo para coordinar los esfuerzos relacionados con la competitividad y la productividad.

En particular, el documento CONPES (2006) consideró prioritario realizar ajustes institucionales basados en la organización del Sistema Administrativo Nacional de Competitividad (SNC), cuyo eje central es la Comisión Nacional de Competitividad (CNC).

Es así como a través del CONPES 3527 de 2008, el Gobierno Nacional sentó las bases para desarrollar los lineamientos de la Política Nacional de Competitividad (PNC) aprobados por la Comisión Nacional de Competitividad (CNC) el 13 de julio de 2007. En consecuencia la Comisión estableció cinco pilares fundamentales para su desarrollo:

- a. Desarrollo de sectores o clusters de clase mundial.
- b. Salto en la productividad y el empleo.
- c. Formalización empresarial y laboral.

- d. Fomento a la ciencia, la tecnología y la innovación.
- e. Estrategias transversales de promoción de la competencia y la inversión.

Según Castellanos (2005) la composición de la participación de las empresas industriales del departamento de Boyacá muestra una alta participación por parte de las pequeñas empresas con un 70%, seguido de las medianas con un 25% y las grandes con un 5%; sin embargo el peso en la producción departamental indica que las grandes empresas aportan un 69% del valor agregado industrial departamental, mientras que las Mipymes aportan el 31%.

Bermúdez (2007) indica que las pymes del departamento de Boyacá tiene como características principales: carencia en su gran mayoría, de una planeación estratégica que les permita afrontar con mayores posibilidades los retos de los actuales mercados, ya que el pequeño y mediano empresario Boyacense se preocupa de la gestión de las actividades empresariales del corto plazo, sin llegar a establecer de forma concreta, coherente y funcional un plan que logre involucrar a la empresa en los mercados de largo plazo; adicionalmente entre las debilidades más notorias en las pymes Boyacenses, está la ausencia casi total de estudios de mercados, el desconocimiento o desaprovechamiento por parte de los empresarios de los programas gubernamentales, y las opciones de políticas en materia de crédito que les permita ser innovadores y por ende más competitivas.

Análisis estratégico de la pequeña y mediana empresa industrial de la provincia del Tundama

Teniendo en cuenta la investigación realizada a nivel del grupo de investigación Construyendo Comunidad Educativa, acerca del "*Estudio de la competitividad de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama*" (Bermúdez, 2007), se identifica que: la pequeña empresa está caracterizada por su carácter familiar, el control casi absoluto que ejerce el dueño sobre ella, la poca división del trabajo, las capacidades y recursos limitados, gran heterogeneidad, gestión personalizada, alta flexibilidad, alto contacto con clientes y trabajadores, ausencia casi total de estrategias formales, escasez de sistemas de información, baja productividad, y la atención focalizada a mercados locales y excepcionalmente a mercados extranjeros (Bermúdez, 2007, 14).

Bajo el contexto descrito anteriormente y con el fin de elaborar el planteamiento

estratégico, se utilizó como instrumento metodológico la matriz DOFA, dado que esta permite identificar acciones a emprender a través del cruce de variables, teniendo en cuenta que dichas acciones deben ser posibles y que su factibilidad se debe encontrar en la realidad misma del entorno de una organización; es decir, la posibilidad de superar una debilidad que impide el logro del propósito, se puede conseguir con la existencia de fortalezas y oportunidades; esta metodología permite la identificación de actividades que fortalezcan entre sí a los factores positivos.

En los cuadros 1 y 2 se ilustran las matrices DOFA para las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama. Dentro de este marco de referencia es importante tener en cuenta que dada las características particulares de este tipo de organizaciones se procedió a efectuar el análisis estratégico, comenzando por el cruce de variables tanto de las pequeñas como las medianas empresas industriales:

En el cuadro 1 se puede identificar que este tipo de organizaciones se caracteriza por la flexibilidad, alto contacto con los clientes, facilidad en la adopción de procesos de mejoramiento, la globalización de la economía imprime posibilidades de nuevos mercados, existencia de mecanismos de apoyo y promoción de mipymes por parte del gobierno nacional; sin embargo se vislumbran dificultades relacionadas con la ausencia de estrategias formales, baja participación en mercados extranjeros, las decisiones de parte de los gobiernos nacionales e internacionales afectar el desempeño de la empresa; por lo tanto estos lineamientos permiten el cruce de variables para la propuesta de estrategias.

Cuadro 1. Matriz DOFA de las pequeñas empresas industriales de la provincia del Tundama.

Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Especialización en los productos ofrecidos. - Flexibilidad para adoptar estrategias frente al cambio. - Alto contacto con los clientes. - Contacto directo con los trabajadores. - Facilidad en la implementación y evaluación de procesos de mejoramiento. - Se tiene un mercado ya definido. - En su mayoría cuentan con estándares de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca división del trabajo. - Ausencia de estrategias formales. - Ausencia de estudios de mercados. - Nula participación en mercados internacionales. - Dificultad en la consecución de fuentes de financiación. - Falta de identificación de políticas y programas gubernamentales relacionados con el apoyo a pymes. - Asociatividad con empresas del sector.

Análisis Externo	
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - La globalización abre posibilidades de acceder a nuevos mercados, como compradores y vendedores. - Los clientes han aprendido a ejercer un rol más activo en sus exigencias de la calidad de los servicios que se les ofrece. - Existencia del Sistema Nacional de Apoyo y Promoción de las Mipymes. - Las diversas modalidades de contratación, impactan finalmente en menores costos para la empresa. - La mayor oferta de herramientas de gestión administrativa, contribuye a mejorar el desempeño de las diferentes áreas de la empresa. - La redes de la información y la comunicación facilita el intercambio y acceso a datos. - En la mayoría de las empresas se cuenta con clientes grandes, quienes pueden demandar en ocasiones grandes cantidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - La crisis económica mundial incide en todo tipo de organizaciones. - La carga tributaria afecta la rentabilidad de la empresa. - La apertura de mercados incorpora posibilidades de oferta internacional para los clientes actuales. - Se están dando rápidos cambios tecnológicos, sin embargo las empresas con mayor capacidad financiera podrán actualizarse o hacer reconversión tecnológica para ser más competitivos. - Las empresas grandes ponen condiciones de pago que en algunos casos afectan el flujo de caja. - En ocasiones se requiere personal con competencias especializadas que muchas veces es difícil de encontrar en el mercado laboral, esto genera costos económicos y de tiempo para la empresa, dado que tiene que iniciar un proceso de capacitación.

El cuadro 2 visualiza la situación de las medianas empresas industriales de la provincia del Tundama, destacándose el hecho de que existen una serie de lineamientos relacionados con la calidad, definición de estrategias formales, especialización del trabajo, sistemas de información, apoyo y promoción de mipymes, redes de información, entre otras, lo que proporcionan elementos para la definición de mecanismos con el fin de superar las debilidades y amenazas presentes en este tipo de organizaciones.

Cuadro 2. Matriz DOFA de las medianas empresas industriales de la provincia del Tundama.

Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Se tiene en cuenta los estándares de calidad. - Diseño y seguridad en los productos ofrecidos. - Por el tamaño de la empresa existe división del trabajo. - Cuentan con un mercado claramente definido. - Capacidad para adoptar recursos que le permiten incorporar capital físico, financiero y humano. - Tendencia a estrategias más formales. - Formulación y estructuración de sistemas de información, apoyados en nuevas tecnologías de la información y la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión menos flexible por la complejidad de la organización. - Dificultad en la consecución de fuentes de financiación. - Poca participación en mercados internacionales. - Falta de estudios de planes estratégicos exportadores. - Falta de identificación de políticas y programas gubernamentales orientados a las pymes. - Desconocimiento de sistemas de apoyo. - Asociatividad con empresas del sector.

Análisis Externo	
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - La globalización abre posibilidades de acceder a nuevos mercados, como compradores y vendedores. - Los compradores son más exigentes a la hora de cumplir con sus expectativas. - Existencia del Sistema Nacional de Apoyo y Promoción de las Mipymes. - Las modalidades de contratación impacta en menores costos para la empresa. - La mayor oferta de herramientas de gestión administrativa, contribuye en el proceso de mejoramiento de las diferentes áreas de la mediana empresa. - La redes de la información y la comunicación facilita el intercambio y acceso a datos. - Dentro de las características de algunos de los clientes actuales tienen requerimientos que conllevan a demandar grandes cantidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - La crisis económica mundial incide en todo tipo de organizaciones. - La carga tributaria afecta la rentabilidad de la mediana empresa. - La apertura de mercados incorpora posibilidades de oferta internacional para los clientes actuales. - Se están dando rápidos cambios tecnológicos, sin embargo las empresas con mayor capacidad financiera podrán actualizarse o hacer reconversión tecnológica para ser más competitivos. - Algunos clientes potenciales ponen condiciones de pago que en algunos casos afectan el flujo de caja. - En ocasiones el mercado laboral no cuenta con competencias especializadas, por lo tanto, esto genera costos económicos y de tiempo para la empresa, dado que tiene que iniciar un proceso de capacitación.

Fuente: la investigación

Teniendo en cuenta el análisis de la matriz DOFA, se inició un proceso de identificación de diferentes tipos de estrategias, producto del cruce de factores tanto internos como externos, como resultado de confrontar:

- Fortalezas con oportunidades: surgen estrategias ofensivas o de crecimiento.
- Debilidades con oportunidades: crean estrategias adaptativas o de supervivencia.
- Fortalezas con amenazas: dan como resultado estrategias reactivas.
- Debilidades con amenazas: generan estrategias defensivas o de fuga.

Al realizar el cruce de las variables señaladas en la matriz DOFA de las pequeñas empresas industriales de la provincia del Tundama se puede extraer lo siguiente:

Cuadro 3. Cruce de variables de las pequeñas empresas industriales de la provincia del Tundama.

Análisis		Interno	
		Fortalezas	Debilidades
Externo	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrecimiento de productos especializados en mercados internacionales. - Estudio de los cambios de la economía global para establecer mecanismos adaptativos. - Análisis de la ayuda que proporciona el Sistema Nacional de Apoyo y Promoción de las Mipymes para implementar procesos de mejoramiento. - Continuidad en los procesos de calidad para satisfacer las diferentes exigencias del cliente. - Establecimiento de una relación directa con los clientes grandes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de estudios de mercados para abordar entornos nacionales e internacionales. - Implementación de mecanismos orientados al cliente. - Utilización de redes de información y comunicación, que puede identificar las políticas y programas orientados al apoyo de las pymes. - Aprovechamiento de fuentes de financiación utilizando los sistemas de información. - Utilización de herramientas de gestión administrativa para establecer estrategias formales para la empresa.
	Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> - Innovación en los productos especializados para competir con la oferta internacional que puede llegar a los clientes actuales. - El alto contacto con los clientes permite negociar para mejorar las condiciones de pago. - El contacto directo con los trabajadores permite motivarlos y por ende se reduce la rotación de personal, con el propósito de reducir costos y tiempo. - La flexibilidad con la que se cuenta permite adoptar mecanismos para afrontar el impacto de la crisis mundial. - La facilidad de implementación de mecanismos de mejoramiento permite la adopción de avances tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La asociatividad contribuye a disminuir el impacto de la oferta internacional. - La consecución de fuentes de financiación mejora las condiciones para competir. - Establecimiento de cargos especializados para incentivar una mayor división del trabajo que incremente la productividad.

Fuente: la investigación

Así mismo, se desarrollo el respectivo cruce de variables de la matriz DOFA de las medianas empresas industriales de la provincia del Tundama, tal como se puede visualizar en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Cruce de variables de las medianas empresas industriales de la provincia del Tundama.

Análisis		Interno	
		Fortalezas	Debilidades
Externo	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrecimiento de productos con diseño e innovación hacia mercados internacionales. - Estudio de los cambios de la economía global para establecer mecanismos adaptativos. - Establecimiento de estrategias teniendo en cuenta la ayuda que proporciona el Sistema Nacional de Apoyo y Promoción de las Mipymes para implementar procesos de mejoramiento. - Continuidad en los procesos de calidad para satisfacer las diferentes exigencias del cliente. - Apoyo en los sistemas de información para mejorar la gestión de la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de estudios de mercados para abordar entornos nacionales e internacionales. - Implementación de mecanismos orientados hacia la promoción de los productos innovadores que se ofrecen a los clientes. - Utilizando las redes de información y comunicación se puede identificar las políticas y programas orientados al apoyo de las pymes. - Utilización de sistemas de información para la toma de decisiones. - Aprovechamiento de sistemas de información para empezar un plan exportador.
	Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> - El diseño y la seguridad genera una ventaja competitiva. - Los estándares de calidad con que se cuenta permite contrarrestar las amenazas de competidores internacionales. - La identificación del cliente facilita en constante contacto y así mismo se puede negociar para mejorar las condiciones de pago. - La flexibilidad con la que se cuenta permite adoptar mecanismos para afrontar el impacto de la crisis mundial. - Con la estructuración de sistemas de información se facilita la implementación de mecanismos de mejoramiento tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> - La asociatividad contribuye a disminuir el impacto de la oferta internacional. - La consecución de fuentes de financiación mejora las condiciones para competir. - Teniendo en cuenta la mundialización de la economía se pueden iniciar los procesos relacionados con los procesos de exportación.

Fuente: la investigación

Con base en lo señalado anteriormente, se realizó la alineación de las estrategias con la misión y visión de las pymes industriales de la provincia del Tundama, de esta manera el análisis de las variables fue efectuado por cada tipo de empresa (pequeña y mediana), dadas las características particulares que presentan.

Las estrategias planteadas en los cuadros anteriores permiten identificar coincidencias; de la misma forma al analizar la misión y visión de estas organizaciones surgen unos elementos comunes que son fundamentales para la formulación estratégica; dentro de los aspectos más relevantes se puede destacar:

- En cuanto a la misión se orienta hacia el ofrecimiento de productos especializados de tal manera que se satisfagan las exigencias y expectativas de los clientes en cuanto a calidad, precios y cumplimiento; así mismo se identifica la importancia de lograr el bienestar del trabajador y retribuir la inversión de los accionistas.
- Con respecto a la visión se puede vislumbrar el interés por posicionar las empresas en los ámbitos regionales, departamentales, nacionales e internacionales, a través de mecanismos como la calidad, la gestión competitiva, las alianzas estratégicas y el cumplimiento; esto con el propósito de propiciar un desarrollo regional y empresarial con el propósito de generar empleo

En este sentido se pueden identificar unos puntos de interés que tienen los empresarios de las pequeñas y medianas empresas de la provincia del Tundama para continuar con su contribución en el desarrollo regional, departamental y nacional. Por consiguiente, se puede determinar qué áreas como mercadeo, producción, talento humano y finanzas, se convierten en ejes para el posicionamiento de estas empresas en los diferentes contextos.

Con el propósito de realizar la propuesta para la formulación de las diversas estrategias, se identificaron los factores claves de éxito, entendidos como aquellos elementos de la estrategia en los que hay que sobresalir para superar a la competencia, entre ellos se encuentran:

- La adaptabilidad a los rápidos cambios que viene generando en entorno.
- La especialización en los productos ofrecidos por las pymes.
- El diseño y la seguridad ofrecida.
- El enfoque de calidad que le imprimen a cada uno de los procesos.
- La creatividad presente en el producto final.
- La innovación teniendo en cuenta la exigencia del cliente.
- Cumplimiento con los plazos de entrega.

Adicionalmente existen unos factores críticos de éxito que se pueden desarrollar para crear ventajas competitivas, tales como:

- El manejo de sistemas de información gerencial para la toma de decisiones.
- Generación de mayor valor agregado al producto.
- Aprovechamiento de los apoyos provenientes de diferentes entidades gubernamentales.
- Contar con precios competitivos siempre y cuando se disminuyan los costos en los diferentes procesos sin perder la calidad.
- Establecimientos de mecanismos de asociatividad entre los sectores.

Formulación de estrategias para el fortalecimiento de la competitividad de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama

Según Michael Porter (2004), para formular una estrategia competitiva es necesario tener en cuenta cinco fuerzas que impulsan la competencia en la industria, tal como se observa en la siguiente figura:

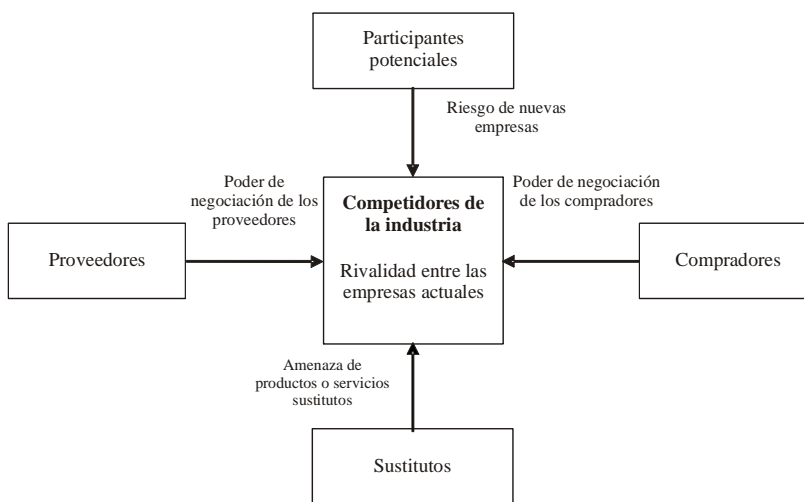


Figura 2. Fuerzas que impulsan la competencia en la industria.
Fuente: Michael Porter, 2004.

La figura 2 ilustra los diferentes actores que influyen en la competencia de las empresas industriales, de tal manera que se puede identificar la existencia de una rivalidad entre las empresas actuales, pero adicionalmente, es necesario tener en cuenta los mecanismos

a utilizar para la negociación con los proveedores y compradores, y por supuesto no se puede desconocer el impacto que tienen los productos sustitutos y el riesgo que otras empresas aborden los clientes que se tienen actualmente.

En cuanto al objeto de estudio para la formulación de la estrategia se puede identificar que:

“Las pymes industriales de la provincia del Tundama se caracterizan por una administración tradicional e intuitiva, corto placista y con un bajo enfoque empresarial, muchas veces de tipo familiar debido a que en su mayoría provienen y pertenecen a estructuras familiares. Aun así se observa interés por la utilización de herramientas de gestión como estudios de mercado, planeación estratégica, mejoramiento continuo, adopción de normas y estándares de calidad, análisis de factores de competitividad de productos entre otros, los que son utilizados para lograr un mejor posicionamiento en el mercado y alcanzar mejores niveles de competitividad” (Bermúdez, 2007, 84)

Para lograr que la gestión de la empresa contribuya al fortalecimiento de la competitividad, es importante resaltar las ventajas, tal como se ilustra en la figura 3, donde se puede observar que en el caso de las pequeñas empresas el 67% ofrecen ventajas en cuanto a la calidad y el diseño del producto; por su parte el 100% de las medianas empresas tiene ventajas relacionadas con la calidad, el diseño, la innovación y la seguridad.

Así mismo se pueden identificar unos puntos débiles, que para el caso del 11% de las pequeñas empresas están relacionados con el servicio y la forma, por su parte el 50% de las medianas empresas presenta desventajas en lo que respecta a los precios bajos.

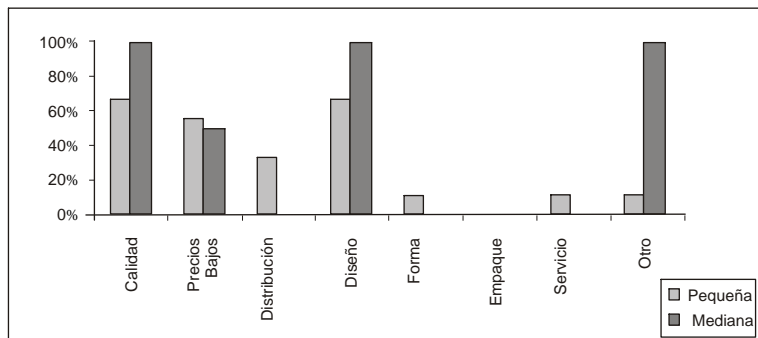


Figura 3. Ventajas que ofrecen las pymes industriales de la provincia del Tundama frente a la competencia
Fuente: Bermúdez, 2007.

Con base en el análisis efectuado a las pymes objeto de estudio, se proponen una serie de estrategias competitivas que pueden ser adoptadas por una pequeña y mediana empresa, en este caso se han retomado las áreas funcionales de mayor interés por parte de los empresarios y que requieren apoyo para su sostenibilidad:

Vale la pena destacar que los siguientes aspectos centrales del análisis estratégico aplicado conllevan a hacer de las pymes organizaciones más competitivas.

- a. En las estrategias de mercado se pueden identificar diferentes modalidades.
 - Estrategias de diferenciación: enfocadas a generar identidad en la mente de los clientes locales, regionales y nacionales, lo cual se fundamenta en los costos, en la calidad del producto, en la atención al cliente y en la presentación del punto de venta, entre otras.
 - Las estrategias de desarrollo de mercado son acciones que pretenden incrementar los niveles de consumo por parte de los clientes, y se relacionan con las campañas publicitarias y las promociones.
 - Las estrategias de integración: incluyen las decisiones, acuerdos y alianzas con los distribuidores, proveedores y los competidores a través de acuerdos.
 - Las estrategias de desarrollo del producto están relacionadas con las modificaciones e innovaciones a los productos, con el propósito de mantener la preferencia en el mercado, es decir, se pueden desarrollar proyectos orientados al cambio de empaques, nuevos usos de los productos, diseños innovadores, entre otros.

- b. Teniendo en cuenta que el éxito competitivo para una pyme depende de la capacidad de producción a menores costos o a un costo aceptable por el cliente, se plantean como estrategias de producción y costos:
 - Negociar con los proveedores, para lograr reducción de costos de las materias primas.
 - Usar de mejor manera los insumos, materiales y materias primas.
 - Sustituir materias primas e insumos, hasta donde sea posible, por otros de igual calidad y menor valor.
 - Fortalecer las competencias del talento humano, teniendo en cuenta el desempeño de requerido en cada proceso.
 - Manejar eficientemente los costos de distribución y transporte.
 - Establecer niveles adecuados de inventarios.
 - Contratar con terceros los procesos que puedan salir mejor y a costos reducidos.

- c. Las estrategias financieras se abordan dado que es importante contar con una

solvencia económica y capacidad de endeudamiento, por lo tanto se pueden llevar a cabo las siguientes acciones:

- Mejorar el ciclo operativo, mediante la reducción de los días de recuperación de cartera y el aprovechamiento de los plazos de los proveedores, de tal manera que se mejore el flujo de caja de la organización.
 - Eliminar productos que proporcionan baja margen de contribución.
 - Rotar rápidamente los inventarios, en los casos que la actividad de la empresa lo permita.
 - Identificar nuevas fuentes de financiación, derivadas de diversas entidades.
 - Reducir las ventas a crédito.
- d. La estrategia de gestión humana se enfoca hacia el logro del bienestar del talento humano que trabaja en la organización, para ello se pueden adoptar los siguientes mecanismos:
- Establecer las características de los diferentes cargos, para determinar las necesidades de contratación.
 - Proporcionar inducción y capacitación permanente al empleado para mejorar el desempeño laboral.
 - Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial.
 - Definir un proyecto de bienestar social.
 - Establecer mecanismos de motivación, para incrementar la satisfacción del personal en el puesto de trabajo.
- e. Estrategias de desarrollo tecnológico e informático dado que es necesario implementar sistemas de información gerencial que se adapten a la realidad de la empresa y al tipo de producción.

CONCLUSIONES

- La pequeña y mediana empresa colombiana presenta una importante participación en la economía del país, dado que aporta el 12% de la producción bruta.
- Se identificó que la gerencia de la pyme industrial de la provincia del Tundama está basada en la experiencia, la escasa utilización de técnicas modernas de administración y la no existencia de una planeación formal. Esta administración de conocimiento empírico debe estar acompañado de la gestión del conocimiento, la tecnología y las nuevas tendencias que exige el mercado globalizado.
- Es necesario un direccionamiento estratégico aplicado a las particularidades de las pequeñas y medianas empresas industriales, dado que factores como la rama

productiva y el tamaño de la empresa, no permiten adoptar para todas las organizaciones el mismo esquema de planeación.

- El cruce de variables permitió determinar varios tipos de estrategias, que pueden ser revisadas para su implementación en pymes del sector industrial.
- Con el análisis desarrollado a través del desarrollo de la matriz DOFA se logró identificar que en varios casos se presentan coincidencias en cuanto al direccionamiento estratégico de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama.
- Las pequeñas y medianas empresas industriales tienen adaptabilidad a los diferentes cambios que se vienen presentando con la mundialización de la economía, sin embargo requieren de acciones efectivas y eficaces que les permita el mantenimiento y el crecimiento en el mediano y largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

BERMÚDEZ, Lilia Teresa (2007): *Estudio de la competitividad de las pequeñas y medianas empresas industriales de la provincia del Tundama.*

Centro Regional de Gestión para la Productividad y la Innovación de Boyacá – CREPIB (2005): *Medianas y Pequeñas Empresas en el Sector Manufacturero de Boyacá: Una aproximación desde la gestión de la productividad.* Informes de investigación No. 2. Colombia.

Departamento administrativo Nacional de Estadística – DANE. En: www.dane.gov.co. Consultado: febrero de 2009

KOONTZ, H. (2001). *Estrategia, Planificación y Control*, México: Mc Graw Hill Editores.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. En: www.mincomercio.gov.co. Consultado: noviembre de 2008.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, SENA, UNAB. (2005). *Cátedra virtual de productividad y competitividad.*

Portafolio (2006): *Caja de Herramientas para Pymes.* Casa editorial El Tiempo. Bogotá.

PORTER, Michael E. (2004): *Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de sectores industriales y de la competencia.* Compañía Editorial Continental, Trigésima tercera reimpresión. México.

THOMPSON y STRICKLAND, A. (2001). *Dirección y Administración Estratégica*, México: Mc Graw Hill Editores.

Análisis socioeconómico del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC periodo 1996-2008. "Economía de la cultura en los museos de la UPTC"

JOAN MIGUEL TEJEDOR ESTUPIÑÁN*

* Economista - Joven Investigador, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación Modelos de Desarrollo en América Latina - MODEAL
Correo: joantejedor@yahoo.com.mx

** Luis Eudoro Vallejo Zamudio, Cordinador Grupo de Investigación MODEAL - Tutor

Resumen

En el artículo se analizan aspectos socio-económicos implícitos en el funcionamiento del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC. Primero, se desarrollan los conceptos teóricos y antecedentes históricos necesarios para contextualizar el estudio de los servicios culturales del Museo de Historia de la Medicina y la Salud; en segundo lugar se hace el análisis y caracterización de su oferta de servicios culturales y se abordan algunos aspectos de la demanda. Por último se presentan las conclusiones y las sugerencias del proyecto de investigación.

1. INTRODUCCIÓN

La economía como herramienta de la cultura, hace de los museos, objetos susceptibles de ser estudiados con instrumentos del análisis económico, dando lugar a la aparición de un área denominada Economía de los Museos. Sin embargo, la Contabilidad de Gestión no ha mostrado mayor interés en el Museo como institución sujeto de estudio, aún cuando la noción de museo como guardián del patrimonio público se complementa con la concepción del museo como empresa, con productos altamente comerciales desde enfoques nacidos de la investigación y la participación del público.

La cultura, como recurso estratégico de las actuales economías, se ha convertido en objeto de investigación y acción cuya función es mejorar las condiciones socio-económicas de la población y de las economías en su conjunto, locales, regionales, nacionales o internacionales. Scot Lash, en su Libro *Sociología del pos modernismo*, presenta el análisis económico y sus manifestaciones en el campo de la cultura. Néstor García Canclíni en su libro, *Las culturas populares en el capitalismo* trata sobre las potencialidades económicas de la cultura, Pau Rossell, Francesco Poli, entre otros investigadores proponen un aprovechamiento de los museos como empresas culturales, ya que es necesario garantizar su producción dada la importancia de su impacto cultural y sus beneficios económicos.

Los museos de la UPTC son patrimonio de los Boyacenses y los Colombianos, son espacios activos de Investigación, cultura, educación y transformación de la sociedad. Este trabajo es un punto de partida para avanzar en la construcción de indicadores que describan el aporte del sector de los Museos en las economías nacional, regional y local, junto a las externalidades que se generan a nivel económico y cultural para las personas y la sociedad, de tal manera que aporte a la construcción de políticas pertinentes para el sector de los museos en Tunja, Boyacá y Colombia.

1.1 Diseño Metodológico

Objetivo general: realizar un análisis económico del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC, periodo 1996-2008.

Objetivos específicos:

- 1) Determinar las características de la oferta de servicios culturales del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC en el periodo 1996-2008.
- 2) Examinar las formas de distribución de bienes y servicios culturales del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC en el periodo 1996-2008.
- 3) Observar el comportamiento de la demanda de servicios culturales del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC en el periodo 1996-2008.

Obedeciendo al problema objeto de estudio, ésta investigación se sustenta sobre la recopilación y análisis de *información documental* de carácter cualitativo y cuantitativo. Al estudiar el comportamiento de la oferta y la demanda de bienes y servicios culturales necesitamos comprender el funcionamiento microeconómico de este mercado y el papel del museo como oferente (creador-productor) de servicios culturales que podemos caracterizar en tres tipos: Centro de investigaciones; Biblioteca y centro de documentación y video, Exposiciones y Colecciones. La información *primaria* comprende entrevistas a directivos y trabajadores de éste y otros museos de la ciudad, y a través de consulta a investigadores y profesores. La información *secundaria* comprende la revisión de documentos históricos, leyes, actas, resoluciones, publicaciones, libros, revistas y bases de datos en Internet como el CVLac, GrupLac y SGI.

El resultado de la investigación es un diagnóstico socio-económico del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la UPTC. Se espera que la universidad se interese en el estudio de cada uno de los museos de la Red de museos de la UPTC

y en la creación de políticas adecuadas a las necesidades de los museos de la Universidad generando planes estratégicos para su desarrollo sostenible.

Primero, se desarrollan conceptos teóricos, referentes y antecedentes históricos necesarios para contextualizar el estudio de los servicios culturales del Museo de Historia de la Medicina y la Salud; en segundo lugar se observa la situación socio económica del museo desde el análisis de su oferta servicios culturales, caracterizándolos, estudiando sus fuentes financiación y costos, y se analizan aspectos de la demanda. Por último se presentan las conclusiones y sugerencias elaboradas teniendo en cuenta los resultados de la investigación, pares externos y experiencias de otros museos.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Aspectos teóricos. Según Bonet:

... cultura, concepto polisémico por excelencia, proviene de la palabra latina homónima *cultura*. Etimológicamente, cultura tiene su origen en el término *colo*, palabra latina de raíces indoeuropeas –k welo (que existe aún en *inquilinus*, inquilino)- que significa habitar o cultivar, pero que también se utilizaba para designar el culto y honores que los hombres rendían a los dioses, pues el dios que habita en un lugar ejercía de protector natural del mismo... A partir de la forma *cult-* se genera *cultio*, *cultura* y *cultur* que en sentido moral significan cultura, dedicación y civilización (de esta manera lo usan, por ejemplo, Cicerón o San Ambrosio), pero también puede ser forma de ser o de vestir¹.

En época moderna se encuentra su significado primogénito clásico de cultivo de la tierra y el espíritu, *culture des arts, de son esprit*. El concepto de cultura se redefine constantemente, la UNESCO considera que la cultura es la interacción del individuo con su entorno. Francesco Poli afirma:

La cultura se puede definir como ideología ya que su principal función es la de experimentar cierta fase de relaciones económicas y por consiguiente ayudar a la difusión de los intereses económicos de la clase dominante en aquella fase. Para decirlo con Marx: las ideas dominantes no son otra cosa que la

¹ BONET AGUSTÍ, Lluís, Economía y cultura: Una reflexión en clave latinoamericana. Barcelona: Investigación para la oficina de Europa del Banci Interamericano de Desarrollo, 2001. p. 5.

expresión ideal de las relaciones materiales dominantes, consideradas como ideas... Los individuos que componen la clase dominante, entre otras cosas, también dominan como pensadores, como productores de ideas que regulan la producción y la distribución de las ideas de su tiempo².

Scott Lash³, afirma que hablar de postmodernismo es hablar de cultura. El postmodernismo como otros paradigmas culturales son *regímenes de significación*, en los cuales -a diferencia de los regímenes de acumulación, donde se producen bienes que se mercantilizan- solo se producen bienes culturales. Dentro de estos regímenes de significación supone una "economía cultural" específica, como componente esencial, la cual debe comprender: 1) relaciones de producción específicas de los objetos culturales; 2) condiciones específicas de recepción; 3) un marco institucional particular que media entre producción y recepción, y 4) un modo particular de circulación de los objetos culturales. Además, comprende un modo específico de significación donde los objetos culturales dependen de la relación existente entre significativo, significado y referente.

Los bienes y servicios culturales poseen *valores de cambio* y *valores de uso*, pero es el *valor de significado* el que predomina en la recepción de estos bienes. Según Bonet, El *valor individual* de un bien o servicio cultural depende básicamente de la superposición de tres dimensiones del concepto de valor:

- La dimensión funcional: consiste en el valor práctico o de utilidad que se obtiene del consumo de un determinado bien o servicio cultural, tal como el placer estético o la función decorativa del arte.
- La dimensión simbólica: consiste en el valor de prestigio que lleva incorporado la participación, el consumo o la posesión de bienes y servicios culturales; dicha dimensión acostumbra a tener un fuerte componente social, bien porque adquiere su valor en un contexto compartido de valores (poseer un Picasso o asistir a la inauguración de la temporada de ópera no significa lo mismo para todos los grupos sociales), bien por formar parte de la identidad nacional, social o territorial de una comunidad en particular.
- La dimensión emocional: consiste en la carga emotiva que llevan incorporados determinados bienes por razones históricas, familiares o ligadas a determinados gustos o vivencias personales (por ejemplo, muchos de los objetos guardados

² POLI, Francesco. Producción Artística y Mercado. Barcelona: Gustavo Gili S.A, 1976, p. 25.

³ LASH, Scott. Sociología del Postmodernismo. Buenos Aires: Amorrortu Editores, 1997, p. 21.

celosamente por una persona pasan, en el momento de su muerte, a no tener ningún valor para la mayoría de sus herederos)⁴.

A estas se suman *dimensiones colectivas*. El valor social de la cultura evoluciona con el tiempo y en el espacio. La carga simbólica, de identidad o de prestigio, que la sociedad otorga a algunos productos y manifestaciones culturales explica la importante presencia del sector público en la financiación de infraestructuras, proyectos y actividades culturales. Algunos de sus principales componentes se reflejan en las siguientes percepciones de valor:

-Valor de existencia o de opción: la simple existencia de determinadas formas de cultura beneficia al conjunto de la población pues le ofrece la posibilidad de poder disfrutar de los mismos en el futuro, aunque dicha opción no llegue a ejercerse nunca.

-Valor de legado: el mantenimiento actual de determinadas formas de cultura y de protección del patrimonio es la mejor garantía para que las futuras generaciones puedan disfrutar de las mismas (la no protección de unos restos arqueológicos o la falta de práctica de un saber tradicional es una pérdida irreversible, ya que no pueden ser transmitidos una vez han desaparecido).

-Valor de identidad: determinadas manifestaciones del arte y del patrimonio han entrado a formar parte de los elementos constitutivos de la identidad local o nacional, y como tales adquieren un valor simbólico para la comunidad y pueden generar procesos de cohesión (o marginación) social.

-Valor de prestigio: el arte y la cultura de elite otorga prestigio a las personas e instituciones públicas y privadas que se asocian a ella, cosa que explica el patrocinio cultural.

-Valor educativo y de innovación: el arte y la cultura contribuyen al desarrollo estético de los individuos, y al espíritu creador e innovador de una sociedad⁵.

Néstor García Canclini⁶, muestra cómo las representaciones culturales de una sociedad, han dejado de ser representaciones simbólicas completamente, convirtiéndose en mercancías, a causa de la expansión del sistema de producción capitalista. Hace una diferenciación de las funciones de la cultura, y desde el punto de vista de la producción cultural, expone cómo la cultura se convierte no solo en representación de la sociedad;

⁴ BONET, Op. Cit., p. 21.

⁵ BONET, Op. Cit., p. 23.

⁶ GARCIA CANCLINI, Néstor. Las Culturas Populares en el Capitalismo. México DF: Editorial Patria, 1989. p.123.

sino que también cumple, dentro de las necesidades de producción de sentido, la función de reelaborar las estructuras sociales e imaginar nuevas.

2.2 Los Museos

Museum, palabra latina, derivada del griego *mouseion*, se refería a un templo dedicado a las nueve musas. Hasta el renacimiento no se aplicó este término para referirse a una colección de objetos bellos y valiosos. El primer *mouseion*, fundado en el 290 a. de J. C. en Alejandría (Egipto) por Tolomeo I Sóter, era un gran edificio donde se reunían sabios y eruditos mantenidos por el Estado. Disponían de un comedor, sala de lectura, claustro, jardín botánico, parque zoológico, observatorio astronómico y biblioteca. También albergaba y se usaban para la enseñanza instrumentos quirúrgicos⁷. Los museos se constituyeron en Europa en el siglo XVIII, y la mayor parte de ellos provenían de grandes colecciones privadas o reales. En 1750, el gobierno francés comenzó a admitir público, para que contemplaran 100 cuadros colgados en el Palacio de Luxemburgo de París, cuya colección se trasladó después al Museo del Louvre. Este centro, tuvo sus comienzos en las colecciones del rey Francisco I en el siglo XVI y se convirtió durante la Revolución Francesa en el primer gran museo público.

El primer museo relacionado con una universidad se constituyó en Basilea (Suiza) en 1671. El Museo Ashmolean (1683), que forma parte de la Universidad de Oxford, fue la primera institución de la Europa occidental que adoptó el nombre de museo. En Estados Unidos, la actual Universidad de Harvard creó una sala de curiosidades en 1750 y más tarde se transformó en el Museo de la Universidad. La UNESCO define Museo como: «institución permanente, sin fines lucrativos, al servicio de la sociedad y de su desarrollo, abierta al público, que adquiere, conserva, investiga, comunica y exhibe, para fines de estudio, de educación y de deleite, los testimonios materiales del ser humano y de su medio ambiente»⁸.

2.3 Análisis socioeconómico de los museos. Daniel Mauricio Rico Valencia⁹, en su investigación titulada Análisis del sector de Museos en Bogotá, propone los siguientes indicadores para el sector:

⁷ WWW.UNESCO.ORG

⁸ Ibid.

⁹ RICO VALENCIA, Daniel Mauricio. Análisis del sector de Museos en Bogotá, propuesta de indicadores de gestión y plan estratégico para el sector de museos en Bogotá en el marco del proyecto industrias creativas. 2004. p 24.

Cuadro 1. Indicadores de gestión para el sector de museos en Bogotá.

Variable	Objetivo	Indicador
1. Recursos Humanos	1.1. Jornadas de Capacitación 1.2 Personal de Planta 1.3 Sistema de Incentivos por objetivos cumplidos 1.4 Distribución del personal por niveles de capacitación	1.1.1 Número de Horas de Capacitación al Año 1.2.1 Variación del tamaño del personal de Planta 1.3.1 Porcentaje del personal que recibe algún tipo de incentivo 1.4.1 Relación número de profesionales vs.Total del personal
2. Recursos Económicos	2.1 Variación en los ingresos del Museo 2.2 Participación de recursos públicos	2.1.1 Suma total de los ingresos del Museo 2.1.2 Ingresos por Boletería 2.1.3 Ingresos por prestación de servicios 2.1.4 Patrocinios, convenios y donaciones 2.2.1 % de Recursos públicos del total de recursos percibidos por el Museo
3. Mercadeo	3.1 Inversión en Mercadeo 3. 2 Efectividad Mercadeo 3.3 Reconocimiento 3.4 Ventas 3.5 Turismo 3.6 Repetición	3.1.1 Recursos que maneja este departamento 3.1.2 Gasto- Inversión en Mercadeo 3.2.1 Promedio de evaluación de objetivos 3.3.1 Incremento del reconocimiento de la Institución como resultado del mercadeo 3.4.1 Ventas e ingresos adicionales del Museo 3.5.1 Turistas que visitan el Museo 3.6.1 Porcentaje del público que acude al Museo mas de una vez al año
4. Caracterización del Público	4.1 Genero 4.2 Edad 4.3 Distribución por Estratos 4.4 Evaluación del público	4.1.1 Relación entre el número de visitantes Hombres y Mujeres. 4.2.1 Aumento en el nivel de participación de adultos mayores 4.2.2 Menores de 16 años 4.3.1 Participación estrato 1 4.3.2 Participación estratos 1 y 2 4.3.3 Nivel de Distribución general 4.4.1 Nivel General de Satisfacción 4.4.2 Menores resultados de la evaluación desagregada 4.4.3 Mayores resultados de la evaluación desagregada

Fuente: RICO VALENCIA. 2004.

Este estudio fue el referente para realizar un primer diagnóstico, el caso Museo Casa Cultural Gustavo Rojas Pinilla¹⁰.

Pau Rausell¹¹, en su estudio “Análisis de la gestión del Instituto Valenciano de Arte Moderno” (IVAM), muestra el papel de la cultura, como generadora de sentidos, significados y conformadora de identidades, así como creadora de bienestar y riqueza, siendo una actividad dinamizadora de la economía. El caso de los Museos de San Juan en Argentina surgió de una investigación elaborada por Jorge Arredondo¹²; allí muestra la importancia de estos espacios como factores importantes del *mercado cultural* dada la demanda creciente que se presenta como espacios de diálogo e integración.

3. RESULTADOS

3.1 Aspectos Normativos. Estas normas hacen parte del marco jurídico del patrimonio cultural de la nación y así mismo enmarcan el funcionamiento de los Museos.

Normas Internacionales. “Código de Ética Profesional de Museos –ICOM”. Adoptado en forma unánime por la XV Asamblea General del ICOM reunida en Buenos Aires, Argentina, el 4 de noviembre de 1986. Éste proporciona una guía general de ética profesional, cuyo respeto es considerado un requerimiento mínimo para desempeñarse como miembro de la profesión de museos. El ICOM es la asociación Internacional de Museos consagrada a la promoción y desarrollo de los museos y de la profesión de museos a nivel internacional.

Normas y reglamentos Nacionales

- Constitución Política de Colombia. Art 70 ...
- Ley 115 de 1994 – Ley general de Educación
- Ley 397 de 1997. Ley general de Cultura
- Ley 1185 de 2008. Modifica la Ley de cultura y dicta algunas consideraciones

¹⁰ TEJEDOR, Joan. BENITEZ, Maurix. Tesis: Análisis Socioeconómico de Servicios Culturales para el caso; Museo Casa Cultural Gustavo Rojas Pinilla, 2004-2005. “Economía de la Cultura en museos de la Uptc”, Tunja. 2006.

¹¹ RAUSELL KOSTER, Pau. Análisis de la gestión del Instituto Valenciano de Arte Moderno. Universidad de Valencia: Departamento de Economía Aplicada, 2004. p. 56.

¹² ARREDONDO, Jorge. Los Museo de San Juan. Buenos Aires: UNESCO, 2004. 156 p.

- sobre el patrimonio mueble e inmueble de la Nación, sus responsables y estímulos.
- Acuerdo N° 041 de 2005. Por el cual se crea la red de museos de la UPTC

3.2 Análisis Socioeconómico. El Museo de Historia de la Medicina y la Salud se crea mediante proyecto de investigación en el año 1996, como aporte intelectual del Grupo de Investigación en Historia de la Medicina, a la formación de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Salud, siendo parte del PAE de la Escuela de Medicina de la UPTC.

Objetivo: reconstruir los cambios en el proceso salud-enfermedad de nuestra región, de épocas prehispánicas hasta hoy, recuperando materiales y fuentes, que permitan estudiar sujetos, instituciones de salud y educación en salud, políticas, saberes y prácticas populares, inmersas en el todo sociocultural, del cambiante proceso histórico de la salud-enfermedad en Boyacá.

Espera propiciar con su presencia espacios de clarificación teórica de las ciencias de la salud desde una perspectiva histórica, y quizá, de generación mutua de una actitud antidogmática con respecto a las construcciones científicas vigentes, ganando en libertad con respecto a lo que se sabe y sintiendo que se es capaz de hacer la historia, de ser activo en el acontecer histórico. El museo como dependencia, no sólo genera espacios pedagógicos e investigativos sino que recupera el patrimonio histórico de la medicina y la salud en Boyacá¹³.

3.2.1 La Oferta

Tunja, capital de Boyacá tiene una población de 152.419 personas (Censo de 2005) con una población estudiantil de 40 mil personas distribuidas en las cuatro grandes universidades y más de 30 colegios, que se benefician del gran patrimonio y una variedad de bienes culturales que se encuentran en sus diez Museos como se observa en el cuadro 2. De este grupo seleccionamos el caso del Museo de Historia de la Medicina y la Salud por pertenecer a la red de museos de la UPTC y por ser un caso especial de un Museo que es además centro de investigaciones.

¹³ Tomado del documento realizado por el Grupo De Investigación: Historia de la Salud en Boyacá| gatorojo999@|© 2008 Erny Sáenz.

Cuadro 2. Caracterización de los Museos de la Ciudad de Tunja

Museo	Colecciones	Servicios y/o bienes culturales	Dependencia
Museo Arqueológico de Tunja	Arqueología y antropología	1) Asesorías, 2) Centro de documentación, 3) Cursos, 4) Exposiciones itinerantes, 5) Investigaciones, 6) Visitas guiadas	UPTC
Museo de Historia Natural "Luis Gonzalo Andrade"	Ciencias naturales	1) Exposición permanente, 2) Visitas guiadas	UPTC
Museo Histórico de la Casa Cultural Gustavo Rojas Pinilla	Historia, Biográfico, Arte	1) Visitas guiadas, 2) Auditorios, 3) Biblioteca	UPTC
<i>Museo de Historia de la Medicina y la Salud</i>	Ciencia y tecnología	1) Centro de Investigaciones, 2) Biblioteca, 3) Centro de documentación, 4) Cine / Video, 5) Exposiciones itinerantes, 6) Asesorías, 7) Publicaciones	UPTC
Herbario	Botánica	1) Exposición constituida por ejemplares botánicos de angiospermas, gimnospermas, pteridofitos, musgos, hepáticas, líquenes y anthoceros, 2) Visitas guiadas, 3) investigaciones	UPTC
Museo de Arte de la UPTC	Arte	Exposiciones de arte en el 1º y 2º piso del edificio administrativo	UPTC
Capilla Museo Santa Clara la Real	Arte	1) Programas educativos, 2) visitas Guiadas	Catedral de Tunja
Museo Casa del Escribano don Juan de Vargas	Arqueología, Arte e historia	1) Conferencias, 2) talleres, 3) visitas guiadas, 4) almacén de mercadeo artístico y artesanal	Fondo Mixto de Cultura de Boyacá
Museo Casa del Fundador Gonzalo Suárez Rendón	Arte e historia Arte	1) Visitas guiadas, 2) exposiciones temporales, 3) galería, 4) Biblioteca, 5) Archivo Academia Boyacense de historia	Alcaldía Mayor de Tunja
Museo de Arte Religioso Colonial Santo Domingo		1) Visitas guiadas	Iglesia de Santo Domingo

Fuente: Museo Nacional de Colombia, Programa Red Nacional de Museos, Directorio de Museos de Colombia.

Los primeros seis hacen parte de la Red de Museos de la UPTC y de la Red Nacional de Museos. El 60% de la oferta de museos en Tunja, es responsabilidad de la UPTC.

3.2.1.1 Estructura Administrativo / Organizacional: espacio; el Museo está ubicado en el edificio central de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UPTC, Antiguo Hospital San Rafael de Tunja. Cuenta con un espacio para *exhibición* y otro

para *administración*, reuniones del grupo, biblioteca y lugar de recopilación y almacenamiento de documentación, libros y materiales de historia de la medicina y la salud en Boyacá.

3.2.1.2 Recursos Humanos: el recurso humano del museo está conformado por docentes, investigadores y estudiantes semilleros de investigación, como se detalla en el cuadro 3:

Cuadro 3. Recurso Humano del MHMS

Número de Investigadores	Nivel de formación
3	Doctorado
6	Maestría
2	Pregrado
91	Estudiantes

Fuente: Archivo del Museo de Historia de la Medicina y La salud –UPTC–

El número de investigadores no ha variado en el tiempo, la única población de investigadores que varía es la de los estudiantes-semilleros, puesto que ellos desarrollan su proyecto de investigación y muchas veces no pueden seguir vinculados laboralmente con el grupo, solo algunos en calidad de Jóvenes Investigadores.

3.2.1.3 Recursos Económicos: sobre el tema, cabe citar el Acuerdo 041 de 2005¹⁴, Artículo 11. Fuentes de financiación: los *recursos asignados* del Presupuesto de la universidad y los *recursos propios* que genere cada unidad, los cuales serán administrados a través de un Centro de Costos ordenado por la facultad respectiva.

Este museo recibía hasta el año 2002, en promedio \$2.000.000 anuales, provenientes del Instituto de investigaciones y formación avanzada IIFA de la UPTC, de 2003 en adelante recibe aportes de la Dirección de Investigaciones de la UPTC, por concepto de apoyo por artículos publicados, otros ingresos provienen de convenios establecidos con otras instituciones por la elaboración y desarrollo de proyectos de Investigación. Los servicios del museo son gratuitos excepto las investigaciones que se realizan con apoyo de la Universidad y otras veces en cofinanciación con otras instituciones.

¹⁴ CSU. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Acuerdo 041 de 2005, pág 4.

La mayoría de estas investigaciones son hechas con mucho esfuerzo por los investigadores - docentes del museo, quienes dedican tiempo a actividades investigativas y no poseen estímulos por su contribución a la investigación.

3.2.1.4 Bienes y Servicios culturales del Museo: estos están caracterizados en tres tipos como los encontramos en el Anexo 1.

A) Centro de Investigaciones: es un espacio creado por el Grupo de Investigación Historia de la Medicina y la Salud en Boyacá dentro del MHMS, con el objetivo de reconstruir los cambios en el proceso salud-enfermedad de nuestra región, desde épocas prehispánicas hasta hoy, recuperando materiales y fuentes, que permitan estudiar sujetos, instituciones de salud y de educación en salud, enfermedades y políticas de salud, inmersas en el todo sociocultural, del cambiante proceso histórico de la salud-enfermedad en Boyacá.

Líneas de Investigación: Historia de la Medicina y la Salud en Boyacá
Bioantropología y Paleopatología
Historia del Cuidado de Enfermería en Boyacá
Saberes y Prácticas Populares en Salud en Boyacá.

En el centro de investigaciones del MHMS, desde 1996 hasta 2008, se han desarrollado 34 proyectos de investigación, los cuales 10 han sido realizados con fondos y recursos de capital semilla y convocatorias de la UPTC. Tres (3) proyectos se han realizado en el marco de convenios de cofinanciación, con instituciones como la Universidad Nacional de Colombia, Tecnoquimicas y la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Los restantes 11 proyectos han sido desarrollados con poco apoyo institucional (ver detalles anexo 2).

Los proyectos desarrollados por el grupo hacen referencia a investigaciones científicas e históricas que dan como resultado una serie de productos como la creación del museo, artículos en revistas, capítulos de libros, libros, exposiciones, tesis de pregrado y maestría, ponencias en eventos y una revista on line actualmente indexada en la categoría B de COLCIENCIAS. A continuación se detalla la producción del centro de investigaciones:

Producción

• Artículos de investigación	58
• Capítulos de libro	7
• Libros de investigación	5
• Productos de divulgación o popularización de resultados de investigación	115
• Tesis y trabajos de grado	75
• Otros	47

Totales

Número de proyectos	34
Número de integrantes	11
Número de productos	241

Fuente: GrupLAC, COLCIENCIAS; Archivo MHMS.

B) Biblioteca, centro de documentación, cine y video: fundada desde 1996 es atendida por una funcionaria con estudios de Maestría, ésta persona se encarga de organizar y sistematizar la información del museo y de la biblioteca. En un mismo espacio funciona la oficina de procesos técnicos, sala de colección y de consulta, lo cual muestra un notorio déficit de espacios para este servicio y en general para el museo, pues en este recinto también se realizan las reuniones del grupo y se ofrecen asesorías.

Cuadro 4. Fondo Bibliográfico -Número de material bibliográfico en colección y procesos técnicos-

Ejemplares en colección	Ejemplares en procesos técnicos	(Revistas)	(Archivo-Documentos)	Otros
380 libros	150 libros	3272 200 revistas	7	78 Tesis

Fuente: Archivo MHMS

El fondo bibliográfico consta de libros y revistas sobre medicina, enfermería e historia de la medicina. Este fondo, como el de cine y video existen, gracias a donaciones de investigadores y colaboradores del Museo de otras instituciones (ver cuadro 4 y 5). Los libros se prestan para consulta interna y préstamo domiciliario. El horario de atención al público es de 8:00 am a 12 m y de 2:00 pm a 6:00 pm y los sábados de 9 a 12 m.

Cuadro 5. Fondo de Cine y Video

Número de Documentales	Otros
32 temas varios salud 18 Cátedra Manuel Alcizar 14 catedra Guillermo Fergusson	1078 Diapositivas

Fuente: Archivo MHMS

C) Colecciones y exposiciones: este servicio beneficia a gran parte de la población académica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UPTC y de otras instituciones educativas. Comprende la divulgación de productos de investigación histórica, antropológica y de salud desarrollados en el centro de investigaciones. en los cuadros 6. y 7. observamos las colecciones (exposiciones) permanentes, cuyos objetos han sido obtenidos por medio de donaciones. Las exposiciones temporales cuentan con guión museográfico y museológico.

Cuadro 6. Servicio de Colecciones

COLECCIONES PERMANENTES	Fecha del montaje
1. Documentos y libros s. XVIII-XX de medicina; revistas y periódicos s. XIX y XX, folletos, fotografías.	1996
2. Instrumental médico, quirúrgico y de laboratorio sobre historia de la medicina y la salud.	1996
3. Momia Muisca de Sativa Norte.	1997

Fuente: Archivo MHMS

Cuadro 7. Exposiciones Temporales

EXPOSICIONES	Fecha del montaje	Permanente = P Temporal = T	Lugar de exposición
1. Historia de la Medicina en Boyacá.	1996	T	MHMS
2. Bioantropología de la población arqueológica del Cercado Grande de los Santuarios, UPTC Tunja.	1998	T	MHMS
3. El Saber y Prácticas Médicas Tradicionales	1997	T	MHMS- Jardín botánico
4. Medicina y Salud en Tunja en el s. XIX	1999	T	MHMS
5. Medicina Muisca	2000	T	MHMS, Museos arqueológicos de Tunja y

EXPOSICIONES	Fecha del montaje	Permanente = P Temporal = T	Lugar de exposición
6. Médicos de Boyacá que han escrito nuestra historia	2002	T	MHMS Casa Rojas Pinilla
7. Tesoros escondidos de la UPTC	2003	T	MHMS
8. Expolepra: El Lazareto de Boyacá	2006	T	MHMS
9. Grupo Historia de la Salud en Boyacá, 10 años	2004	T	MHMS
10. Reconstrucción Facial	2006	T	MHMS
11. Las Momias Enmascaradas Yuko	2007	P	Universidad Nacional
12. Eliecer Silva Celis. Pedagogía y Antropología	2007-2008	T	MHMS U de A Museo Arq. de Sogamoso
13. Alfredo Gómez Hurtado, Médico, político y ajedrecista.	2008	T	MHMS
14. Expo Gripe 1918-2009	2009	T	MHMS

Fuente: Archivo MHMS

3.2.2 La Demanda

A) *Centro de Investigaciones*: como se observa en el anexo 2. los productos del centro de investigaciones son distribuidos por medio de exposiciones y ponencias en eventos académicos de carácter nacional e internacional, 115 participaciones en eventos de popularización y divulgación. Los consumidores de este servicio son las comunidades académicas e investigativas de la UPTC y de las universidades e instituciones donde se han socializado los resultados de los proyectos de Investigación. Además podemos resaltar que hasta mediados de 2008, la página web del Museo ha recibido 4400 visitantes aproximadamente, los cuales pueden acceder a documentos sobre el Museo, la escuela de Medicina y a la Revista on line Salud Historia y Sanidad, uno de los productos de divulgación más importantes del Grupo de Investigaciones del MHMS, indexada en la categoría B de COLCIENCIAS.

B) *Biblioteca, centro de documentación, cine y video*: este espacio beneficia actualmente a docentes, investigadores y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Salud quienes son sus consumidores más cercanos. Mensualmente se prestan en promedio 120 libros para consulta en general, videos y diapositivas que usan docentes y estudiantes de la facultad en sus exposiciones y conferencias. Estos datos se encuentran en el archivo de registro de préstamos.

C) Colecciones y exposiciones: los consumidores que se benefician de éste servicio, son en su mayoría personas de ambos sexos, estudiantes de escuelas, colegios y universidades, después vienen los profesores e investigadores de diferentes instituciones del país, por último turistas de todas las edades, y estratos. Es visitado cada año por un promedio de 400 personas. El museo cuenta con un registro de visitantes para sus exposiciones donde los visitantes escriben su nombre, procedencia y comentarios, que siempre son gratos y satisfactorios. Tres colecciones y alrededor de 14 exposiciones temporales han permitido al público, desde la fundación del museo, acercarse y conocer las investigaciones realizadas por el grupo y así aprehender sobre la Historia de la Medicina en Boyacá, Colombia y el Mundo.

4. CONCLUSIONES

El MHMS es un ejemplo de museo generador de espacios educativos e investigativos, los cuales han permitido la recuperación de patrimonios invaluable sobre la historia de la medicina y la salud en nuestra región. Se destacan las labores del museo, pues a pesar de que sus recursos son insuficientes para su funcionamiento óptimo, tiene definidas acciones y mecanismos para gestionar y garantizar su oferta de servicios y hacer un buen mercadeo, haciendo uso de su capital humano y de los distintos medios de comunicación.

Al analizar éste caso encontramos que el Consejo Superior de la UPTC debe establecer normas que permitan a los museos de la Red de Museos de la Universidad, mayor autonomía, desarrollo científico, cultural y económico, pues ésta Red es un patrimonio de la Universidad, con alto potencial económico, un espacio de reproducción de conocimiento y de diversos beneficios culturales y económicos, como reconocimiento para la institución y activación de la economía local, pues los visitantes del museo activan otros sectores de la producción local. Es necesario fortalecer la Red y los canales de divulgación de los museos, aprovechando la emisora de la universidad y la pagina web institucional y así aumentar el número de visitantes.

No existen políticas que consideren estímulos a los investigadores por logros alcanzados, como puntos por producción científica o descargas académicas, así mismo observamos como a pesar de esto los proyectos desarrollados por el museo son de alta calidad y muy bien reconocidos a nivel nacional e internacional. Así mismo, a través del tiempo las actividades del Museo se han incrementado, pero sus funcionarios no, lo que nos muestra mas funciones para menos personas, lo cual dificulta la expansión y desarrollo de las funciones del museo.

El “espacio” con que cuenta el museo no es suficiente para las necesidades perspectivas del museo, por lo cual debe avanzarse en un proyecto que amplíe los escenarios físicos del Museo y gestionar nuevos espacios para distribuir las salas de exposiciones permanentes y temporales, una sala de video y conferencias, la biblioteca, sala de consulta, la sección administrativa y la de investigadores.

La sostenibilidad del museo, en lo económico y en lo cultural, es posible si se combina gestión y aprovechamiento de las herramientas contenidas en las legislaciones sobre el patrimonio cultural y los museos, también por la relación del museo con su público. Es necesario establecer jornadas de capacitación del personal del museo con el fin de gestionar y obtener, diversas fuentes de ingresos (a nivel nacional e internacional) necesarios para garantizar el desarrollo cultural, investigativo y de extensión del museo y para la creación y diversificación de su producción cultural. Es importante analizar las ventajas y externalidades positivas que provienen del turismo. Las políticas deben buscar aumentar el número de visitantes nacionales y extranjeros. Estos últimos son muy importantes, pues son quienes exponen las experiencias vividas en los museos, fuera de nuestras fronteras.

Por último es necesario recomendar a la red de museos de la UPTC la implementación de sistemas de registro de visitantes y consultas donde se incluyan indicadores que permitan analizar su funcionamiento y su impacto en la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

ARREDONDO, Jorge. Los Museos de San Juan. Buenos Aires: UNESCO, 2004.

BONET AGUSTÍ, Lluís. Economía y cultura: una reflexión en clave latinoamericana. Barcelona: Investigación para la oficina para Europa del Banco Interamericano de Desarrollo, 2001.

CONGRESO DE COLOMBIA, Ley 115 de 1994. Ley general de Educación

CONGRESO DE COLOMBIA, Ley 397 de 1997. Ley general de Cultura

CONGRESO DE COLOMBIA, Ley 1185 de 2008.

CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO, UPTC. Acuerdo N° 041 de 2005.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. 1991.

GARCIA CANCLINI, Néstor. Las Culturas Populares en el Capitalismo. México DF: Editorial Patria, 1989.

GOULD, John p. LAZEAR, Eduard P. Teoría Microeconómica. Fondo de Cultura Económica, México. 1994.

LASH, Scott. Sociología del Postmodernismo. Buenos Aires: Amorrortu Editores, 1997.

POLI, Francesco. Producción Artística y Mercado. Barcelona: Gustavo Pili S.A, 1976.

RAUSELL KOSTER, Pau. Análisis de la gestión del Instituto Valenciano de Arte moderno. Universidad de Valencia: Departamento de Economía Aplicada, 2004.

RICO VALENCIA, Daniel Mauricio. Análisis del sector de Museos en Bogotá, propuesta de indicadores de gestión y plan estratégico para el sector de museos en Bogotá en el marco del proyecto industrias creativas. 2004.

www.unesco.org

Anexo 1. Análisis Socio - Económico del Museo de Historia de la Medicina y la Salud de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

BIENES Y SERVICIOS CULTURALES	OFERTA		DEMANDA		FUENTE	HERRAMIENTA
	VARIABLES CUANTITATIVAS	VARIABLES CUANTITATIVAS	VARIABLES CUANTITATIVAS	VARIABLES CUALITATIVAS		
CENTRO DE INVESTIGACIONES	<ol style="list-style-type: none"> Nº de investigadores Nivel de formación Nº y costos de los proyectos (fijos, variables, etc.) Nº de convenios Producción académica del grupo Costos de impresión de material bibliográfico Nº de impresos Nº de ejemplares en la Web. 	<ol style="list-style-type: none"> Nº de convenios y proyectos desarrollados Nº de ejemplares distribuidos Nº de consultas de la página Web del Museo. 	<ol style="list-style-type: none"> Impacto cultural y social. Nivel de estatus o importancia del grupo para la sociedad. Utilidad. Valor de signo Educativo e Histórico 	<p>Grupo de Investigación Historia de la salud en Boyacá. Convenios. Coordinación de sistemas e información UPTC</p>	<p>Archivo del Grupo HSB Entrevistas. Cartas. Libro de visitas y otros registros de visitantes Boletines de prensa Contrato para la prestación de servicios profesionales independientes</p>	
BIBLIOTECA, CENTRO DE DOCUMENTACIÓN, CINE Y VIDEO	<ol style="list-style-type: none"> Costos de funcionamiento. Nº de ejemplares por área del conocimiento y por género. 	<ol style="list-style-type: none"> Precio = 0 Nº de consultas de libros, documentos y videos. Nº de proyecciones. 	<ol style="list-style-type: none"> Utilidad Valor de signo Educativo e Histórico 	<p>Coordinación de biblioteca MHMS: coordinación de sistemas e información UPTC Oficina de Talento Humano Oficina de Tesorería, Jurídica, Bienes y Suministros y Almacén.</p>	<p>Entrevistas. Cartas libro de visitas Inventarios, Convenios, acuerdos y documentos</p>	
COLECCIONES Y EXPOSICIONES (13 exposiciones)	<ol style="list-style-type: none"> Costos de funcionamiento. Nº de exposiciones o montajes. Nº de objetos en la colección. 	<ol style="list-style-type: none"> Precio = 0 Nº de visitantes y sus características. 	<ol style="list-style-type: none"> Utilidad Valor de signo Educativo e Histórico 	<p>Coordinación MHMS. Grupo de Investigación HMSB Coordinación de sistemas e información UPTC Oficina de Talento Humano Oficina de Tesorería, Jurídica, Bienes y Suministros y Almacén</p>	<p>Entrevistas. Cartas Boletines de prensa Libro de visitas Contrato para la prestación de servicios profesionales independientes</p>	

Anexo 2. Proyectos de Investigación realizados por el Centro de Investigaciones del Museo de Historia de la Medicina y la Salud.

Nombre Proyecto	Año	Financiamiento		N° de investigadores	Productos asociados a los proyectos
		UPTC	Contrapartida		
1. Historia de la Salud y la Medicina en Boyacá. Creación del Museo de Historia de la Medicina y la Salud	1996	X		4 investigadores	Museo, Exposiciones y Biblioteca y Centro de documentación.
2. Historia de la Salud Pública en Tunja s. XIX	1996	X		2 investigadores 3 semilleros	1 libro, 1 exposición
3. Bioantropología de la población arqueológica del Cercado Grande de los Santuarios. Tunja, Boyacá	1996-	X		6 Investigadores	4 exposiciones, 4 artículos, 4 ponencias
4. Perfil Epidemiológico de la Nutrición en la Provincia de Centro. Boyacá	1996	X		3 Investigadores	1 artículo,
5. El saber y las prácticas médicas tradicionales: Una estrategia para el desarrollo de la Atención Primaria en Salud en Boyacá. 1993-96	1993-1996	X		1 investigador 3 semilleros	1 exposición
6. Arqueología sexual colombiana	1996-2008	No	No	1 investigador	2 capítulos, 4 ponencias
7. Construcción y mantenimiento de la página web del Museo de Historia de la Medicina y la Salud UPTC	1998	No	No	2 investigadores 3 auxiliares	4 versiones página web
8. Médicos de Boyacá que han escrito nuestra historia	1998-02	No	No	2 investigadores 5 semilleros	2 exposiciones
9. Lepra, Salud Pública y Estado. Boyacá 1865-1916	2001-03	X		1 investigador 1 Joven investigador	1 libro, 1 exposición, 1 revista, 2 artículos, 1 capítulo de Libro, 1 ponencia.
10. Ingreso del Paradigma de la Medicina Moderna en el pensamiento médico uunjano: una lectura a través de la producción bibliográfica en medicina de los catedráticos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Boyacá. Tunja. Siglo XIX	2002		Colciencias (presento problemas)	1 investigador 1 semillero	
11. Caracterización Bioantropológica y Paleopatológica de la Momia 44a2001 de la colección Eliécer Silva Celis del Museo Arqueológico de Sogamoso	2004-	X		5 investigadores 3 semilleros	2 exposiciones, 1 artículo

Nombre Proyecto	Año	Financiamiento		N° de investigadores	Productos asociados a los proyectos
		UPTC	Contrapartida		
12. Análisis Histórico-epidemiológico de la Pandemia de Gripe de 1918-1919 en Boyacá	2006-	X		4 Investigadores 1 Joven investigador 1 Semillero	1 tesis de maestría., 3 artículos en revista Internacional, 2 ponencias.
13. Permanencias alimentarias Muiscas en la cultura popular boyacense	2006			1 Investigador 1 Joven Investigador	1 tesis de pregrado, 1 artículo, 1 ponencia
14. Historia de los Patógenos Humanos	2006	X		5 investigadores 6 semilleros	4 congresos, 1 artículo, 2 memorias de los últimos dos congresos de patógenos.
15. Contexto Histórico antropológico y una Propuesta de Conservación de las Momias del Museo Casa Marqués de San Jorge y Arqueológico de Sogamoso	2006	X	Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud	5 Investigadores	1 libro, 1 video, 1 exposición
16. Diccionario Biográfico Médico Hispanoamericano	2006-2007	No	No	1 Investigador 1 semillero	1 libro, 1 libro CD
17. Revista Salud, Historia y Sanidad On-line	2007-	No	No	5 Investigadores 2 Jóvenes investigadores 7 semilleros	5 ediciones
18. Condiciones de Vida y Salud en la Campaña de Boyacá de 1819	2008		UNAL	2 Investigadores	2 artículos. 2 ponencias
19. Historia de la Medicina Legal en Colombia	2008	No	No	2 investigadores	1 congreso, 1 ponencia, 1 capítulo de memoria
20. Historia de la Medicina en Colombia-Boyacá	2008		Tecnológica	1 Investigador	1 libro
21. La Enfermería en Colombia. Orígenes de audacia y compromiso				1 investigador 2 semilleros	1 libro, 2 ponencias en congresos
22. Educación de Enfermería en Boyacá 1939-79				1 investigador 2 semilleros	Tesis de pregrado en Enfermería
23. La Enfermería en Boyacá 1930-89				1 investigador 2 semilleros	Tesis de pregrado en Enfermería
24. Estado, Salud pública, Boyacá 1936-57				1 investigador 2 semilleros	Tesis de pregrado en Enfermería
25. Políticas de Salud. Adaptaciones en Boyacá 1958-74				1 investigador 2 semilleros	Tesis de pregrado en Enfermería
26. Políticas de Salud. Adaptaciones en Boyacá 1974-89				1 investigador 2 semilleros	Tesis de pregrado en Enfermería

Nombre Proyecto	Año	Financiamiento		N° de investigadores	Productos asociados a los proyectos
		UPTC	Contrapartida		
27. Historia de la Fisioterapia en Tunja	2008-	No	No	1 investigador 1 semillero	Tesis de Maestría
28. La United Fruit Company y el Paludismo 1914-47	2008-	No	No	1 investigador 1 semillero	Tesis de Maestría
29. Medicalización del Hospital Santa Clara Cartagena 1920-1950	2008-	No	No	1 investigador 1 semillero	Tesis de Maestría
30. El Modelo Pedagógico en Enfermería: Una proyección del papel histórico de la mujer.					
31. Etnobotánica de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes de Tuta, Boyacá y su relación con la evidencia fotoquímica. primer semestre 2008	2008	No	No	1 investigador 1 semillero	Tesis de pregrado en Enfermería
32. La Medicina Tradicional en el municipio de Turmequé.					
33. La Medicina casera en el municipio de Támara. Casanare.					
34. Salud Política y Religión Hnas. de la Caridad Dominicas de la Presentación					

Proyectos de Investigación -Tesis de Grado-

Número	TÍTULO	Autores	Año	Tema
1	Oftalmología en pediatría	José Luis Bustos Edgar Castillo Luis Alfonso Frando, Daniel Ricardo Lozano José Fernando Valderama Vergara	2000	Pediatría
2	Liga de Lucha contra el Cáncer Seccional Boyacá 1997	Yady Sildana Bustos Ballesteros Nancy Carolina Diaz Rodriguez Arieth Figueroa Vargas Erika Esmeralda Millan Orozco	1998	Historia Medicina
3	Utilización de «plantas y secretos» como alternativas a la medicina alopática por los habitantes de El Cocuy, Guicán y San Mateo	Crisatncho De Hernandez Flor Mariala Barajas Suarez Emerson Ricardo Quintero Tellez Edwin Giovanni	1998	Historia Medicina
4	Concepcion de la salud-enfermedad de individuos que asisten tanto a misa de sanacion en motavita, como al sistema de medicina facultativa	Diana Teresa Alvarez Moreno Maria Del Pilar Gonzalez Camargo Lida Johana Rincon Vega Deyanith Eliana Rodriguez Paez Jheiny Pilar Rodriguez Rojas	1999	Historia Medicina
5	Julio Sandoval Medicina: médico con alma de filantropo, biografía	Edgar Alfredo Lemus Mesa Frey Stibs Morales Barrera Sandra Milena Torres Acevedo Paola Andrea Totalive Niño	1998	Historia Medicina
6	Salud y practica de la salud en firavitova	German Andres Aponte R.	1997	Historia Medicina
7	Creencias populares sobre los efectos medicinales de las aguas termales de Paipa	Miguel Angel Paiba Lopez	1997	Historia Medicina
8	Historia del Hospital San Rafael	Sandra Camila Ramirez J	1997	Historia Medicina
9	Historia de la primera unidad renal de Boyaca «rena-ser»	Nayibe Vanegas Castillo Fredy Hernan Rodriguez Benitez	1998	Historia Medicina
10	Origen de las juntas de beneficencia -siglo xix	Oscar Mauricio Alvarez Fernandez Alexander Diaz Castro Yamit Noe Hurtado Neira Claudia P. Oviedo R. Edilson Pinzon Sierra	1997	Historia Medicina
11	El nódulo pulmonar solitario en pacientes del hospital santa clara - naturaleza, diagnostico y tratamiento	Luis Gabriel Pinilla Garcia	1997	Historia Medicina
12	Proyecto de historia de la medicina	Juan Manuel Garcia P.	1997	Historia Medicina

Número	TÍTULO	Autores	Año	Tema
13	Aceptación de las instituciones de salud en Toca y crisis de la medicina tradicional	Juan Carlos Ochoa Pinzon	1996	Historia Medicina
14	Concepción del proceso salud-enfermedad bajo el cual los sanadores evangélicos de Sogamoso desarrollan su práctica de sanación	Juan David Bernal Cáceres	1997	Historia Medicina
15	Morbilidad y cuidado de la salud en el municipio de Chitaraque 1940-1990	Edison Norberto Abaunza Leon Fabian Arley Parra Ramirez	1999	Historia Medicina
16	Visión de la población frente a la medicina alopatíca y popular en la ciudad de Duitama	Astrid Franco Matheus Oscar Javier Martínez Edwin Alexander Rosas Andy Fidias Gonzalez	1997	Historia Medicina
17	Creencias y comportamientos de la comunidad, relacionados con salud y enfermedad en Sogamoso	German Yamid Cuta Garcia	1997	Historia Medicina
18	Historia del Hospital San Vicente de Paul de la ciudad de Paipa	Jimmy Rolando Moreno S.	1997	Historia Medicina
19	Saberes populares acerca de la salud de los usuarios del Hospital Regional de Duitama	Alexander Carreño Dueñas	1997	Historia Medicina
20	Que conocimientos agueristas sobre el ciclo vital tienen pobladores de la zona urbana de Pesca Boyacá?	Adolfo Sierra Fernando Fernandez	1997	Historia Medicina
21	Servicio de salud prestado por la Empresa Social del Estado Hospital Regional de Duitama	Lyda Marcela Perez Ramirez Edna Margarita Ochoa Ayala	1997	Historia Medicina
22	Análisis histórico del oficio de partería como tradición en el área urbana de la ciudad de Tunja	Javier Mauricio Benavides B. Juan Orlando Blanco G. Juan Carlos Tobo D.	1998	Historia Medicina
23	Visión de la población frente a la medicina alopatíca y popular en la ciudad de Duitama	Astrid Franco Matheus Oscar Javier Martínez Edwin Alexander Rosas Andy Fidias Gonzalez	1997	Historia Medicina
24	Ciencias y saberes populares	German Alberto Diaz Cely	1997	Historia Medicina
25	Saberes y prácticas populares sobre salud en Tibasosa en 1996	Henry Mauricio Corredor Camargo Gineth Paola Pinto Pataroyo	1997	Historia Medicina
26	Hospital Psiquiátrico de Tunja «hospital de puertas abiertas»	Luis Ernesto Palma Luna	1997	Historia Medicina
27	Estudio sobre alcoholismo en la Escuela de Medicina de la UPTC	Marbel Karina Corzo L. Jenny Constanza Echeverria Gabriel Alexander Suarez Marisol Fino Solano Javier Ricardo Castillo G.	2000	Historia Medicina

Número	TÍTULO	Autores	Año	Tema
28	Historia tradicional de la salud en Santana	Gelson Castillo Quiroga	1996	Historia Medicina
29	El saber y las prácticas médicas tradicionales en el municipio de Tipacoque-Boyacá	Jairo Gallo Diaz	1997	Historia Medicina
30	Misa de sanación en el municipio de Motavita	Cristobal Abril Zamira Huertas Eliana Muñoz Lucia Saavedra	1997	Historia Medicina
31	Creencias y costumbres religiosas sobre el proceso salud-enfermedad de los habitantes del municipio de Tuta	Fabian A. Leal A. Mario A. Supelano G.	1997	Historia Medicina
32	El constitucional de Boyacá 1825-1826; 1831-1833	Sandra Gisela Acosta Vega Laura Camacho Ariza Julian Manrique Abril Claudia Millena Pulido	2000	Historia Medicina
33	Valoración nutricional de los niños de 0-5 años de los barrios Mesopotamia y La Mariña de la ciudad de Tunja	Edson Cardenas Miguel Rodriguez Frey Morale Victor Triana Willian Vargas	1997	Historia Medicina
34	Ocaso del Hospital San Vicente de Duitama 1975-1990	German Antonio Hernandez Parra Sandra Liliana Perez Murcuia	1997	Historia Medicina
35	Alternativas de medicina en las guerrillas de independencia en Tame - Arauca de 1816-1819	Alden Pool Gomez Alferez	1997	Historia Medicina
36	Diario El Boyacense año 1878: revisión acerca de salud pública y viruela	Diana Patricia Perez Moreno Andrea Del Pilar Zubiria Acuña	2002	Historia Medicina
37	Creación del Hospital San Luis de Aquitania 1972-1977	Sandra Liliana Morantes Puentes Lidia	1998	Historia Medicina
38	Las peregrinaciones y la salud	Yaneth Perez Rodriguez	1997	Historia Medicina
39	Reregrinacion de Alpha tomo I	Javier Alexander Castellanos Borda	1984	Historia Medicina
40	Evolución histórica del proceso salud-enfermedad en el municipio de Tuta, durante la época 1974-1968 antes de la institucionalización de los servicios de salud	Manuel Ancizar	1997	Historia Medicina
41	Investigación bibliográfica sobre "las tesis de la sífilis de 1889-1930 encontradas en el fondo de posada"	Yery Piedad Lizcano A. Luis Sterling Neme E.	1997	Historia Medicina
42	Factores de riesgo que influyen en la morbilidad por eda e ira en la población infantil residente en el área de influencia del puesto de salud del barrio El Carmen de Tunja	Luz Adriana Alarcon Diana Maria Gutierrez	1997	Historia Medicina
43	Didáctica: clarificación de términos	Lina Patricia Garcia Phizon Claudia Patricia Zambrano Benitez Ivan Castillo	1999	Historia Medicina

Número	TÍTULO	Autores	Año	Tema
44	Lo básico de la medicina tomo I, II, III.	Juan Manuel Ospina Diaz	1998	Historia Medicina
45	Enfermedades nutricionales	Claudia Milena Barrera Lina Maria Diaz	1999	Historia Medicina
46	Ictericia neonatal	Javier Mauricio Benavidez B Orlando Blanco Sandra Yaneth Granados Z.	2000	Historia Medicina
47	Valvulopatias	Juan Carlos Alba M. Edgar Augusto Castilla Leiner Jesus Colpas	1998	Historia Medicina
48	La pediatría medicina del hombre	Avenidaño Yenny Avila Hugo Alejandro Javier Diaz Leonardo Carolina Diaz Xiomara Duenas Frey Morales / Pedro Moreno / Lidia Perez / Astrid Rojas Nayibe / Pedro Sanches	2000	Historia Medicina
49	Arritmias cardiacas	Ilar Quintero Puentes / Francy Perez Becerra / Luz Mery Ruiz Aldana / Ever Augusto Suarez /	1998	Historia Medicina
50	Distribución de niños menores de 15 años con asma que asisten al servicio de urgencias Hospital San Rafael de Tunja durante los meses de abril y mayo del año 2000	Arieth Figueroa Vargas	2000	Historia Medicina
51	Fibrilación auricular y ventricular	Juan Fernando Carvajal Estupiñan Rafael Mendez Fandino Johanna Milena Rodriguez Palacios	1998	Historia Medicina
52	Incidencia de la ictericia en la unidad de recién nacidos del Hospital San Rafael de Tunja durante el periodo de enero a diciembre de 1999	Luz Andrea Carvajal Galvis	2000	Historia Medicina
53	Trabajo de fisiología renal	Astrid Nayibe Rojas Acevedo Daniel Gerardo Fernandez Marcela Rojas	1998	Historia Medicina
54	Prevalencia de hipoxia neonatal y su relación con la edad gestacional de Duitama en el periodo comprendido entre noviembre de 1999 y noviembre del 2000	Nydia Alexandra Rojas Avila	2000	Historia Medicina
55	Salud oral en pediatría	Claudia Milena Barrera Lina Maria Diaz Lilian Amanda Muñoz Rueda	2000	Historia Medicina
56	Displasia del desarrollo de la cadera	Saidwis Josefina Caraballo / Francy Nelly Perez / Zulma Johana Espinosa / Leiner Jesus Colpas / Giovanni Peñuela Diaz / Ever Augusto Suarez	2000	Historia Medicina

Número	TÍTULO	Autores	Año	Tema
57	La seguridad social en Sogamoso	Omar Julian Plazas Ariza	1997	Historia Medicina
58	Creación de la Secretaría de Salud Municipal de la ciudad de Duitama	Flavio Humberto Diaz Nuñez Willington Alejandro Ortega Cubides Hugo Albeiro Puerto Granados	1997	Historia Medicina
59	El cuidado de enfermería: caso de congregación de las Hermanas de la Caridad Dominicanas de La Presentación Sogamoso 1968	Solney Vigeo Alvarado Guatibonza	1997	Historia Medicina
60	Hermanas Terciarias Capuchinas en Hospital Fructuoso Reyes de Santa Rosa de Viterbo	Gladys Rocio Murcia Elky Gustavo Moreno	1997	Historia Medicina
61	Historia de la llegada de la radiología a Tunja	Jorge Alfredo Chaparro Edwin Eduardo Pineda Magda Yadira Pinzon Nancy Carolina Rojas	2003	Historia Medicina
62	Mujer médica, Boyacá 1960-1994	Edson Jose Cardenas Luis Felipe Rincon Marcela Rojas Perez Victor Julio Triana	1998	Historia Medicina
63	Luis Jaime Ruiz Castillo, Md. ginecólogo	Adriana Sofia Camargo Ludy Alexandra Vargas	1999	Historia Medicina
64	Informe administrativo del Centro de Salud N° 1 de Tunja	Gloria Gutierrez Helena Avella	1998	Historia Medicina
65	Historia institucional de la Clínica El Laguito de Sogamoso	Angela Mayerly Chaparro Luis Eduardo Castro	1997	Historia Medicina
66	Permanencias alimentarias muiscas en la cultura popular boyacense	Jenny Gisela Lopez Barreto Jenny Sidney Galindo Turmeque	2006	Historia Medicina
67	Aproximación al estudio de la consulta médica a través de la historia clínica en el Hospital Santa Marta del municipio de Samacá durante el periodo comprendido entre 1985-1997	Paola Andrea Caicedo F. Dello Javier Moreno L. Omar Javier Puentes D. Rafael de Jesus Vasquez	1997	Historia Medicina
68	Ines Ochoa Pérez de Patiño: primera médica colombiana	Gladys Cardenas Acero Angelica Lucia Escobar Peralta Beatriz Marcela Prieto Castillo Magda Johana Reyes Pulido	2003	Historia Medicina
69	La medicina en el renacimiento	Leider Yesid Daza Tavera		Historia Medicina
70	Santa Rosa: prácticas de salud 1910-1920	Javier Ricardo Gomez Avila	1997	Historia Medicina
71	Educación de enfermería en Boyacá 1939-1979	Ana Silvia Nieto Arevalo Maria Margarita Aguilar V.	1998	Historia Medicina

Número	TÍTULO	Autores	Año	Tema
72	Evolución histórica de las entidades de salud en Tunja 1990-1996	Liliana Paola Bastidas Carolina Williams Echeverry	1996	Historia Medicina
73	Arquitectura de las diferentes sedes conventuales del Hospital de Tunja	Yésid Antonio Paez Baron Omar Fernando Robayo Avendaño	1997	Historia Medicina
74	Figuras médicas del siglo XIX en Tunja	Martha Patricia Leandro Marino Diana Patricia Pedraza Alfonso Sebastian Alejandro Pardo Avella Claudio Alberto Granados Navas Camilo Andres Preciado Aponte Jairo Leandro Meche Mendivelso	1999	Historia Medicina
75	Historia de la creación del Centro de Salud "San Vicente Ferrer" del municipio de Saboya	Liliana Alejandra Pinto Cortes Angela Maryoure Gigliorna Suarez Moya	1998	Historia Medicina

Fuente: Archivo del Museo de Historia de la Medicina y la Salud

Este libro se terminó de imprimir en el mes de agosto de 2010, en la Imprenta de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, con una edición de 300 ejemplares.

Tunja - Boyacá - Colombia