

EDITORIAL

IMPERATIVOS PARA LA FORMACIÓN DEL NUEVO ESTUDIANTE UNIVERSITARIO

Germán Anzola Montero
Rector

La actual y permanente realidad del mundo exige que los Proyectos Educativos de las Universidades cambien, lo mismo que el constante auge del conocimiento obliga a incorporar innovadores procesos en la docencia y en el desarrollo e innovación tecnológica, generando, constantemente, imperiosos retos en su actividad investigativa y, como consecuencia, se hace necesario acelerar los vínculos con la sociedad.

Complementariamente, se crean otras y modernas responsabilidades para las Instituciones de Educación Superior. Una de ellas, la INTERNACIONALIZACIÓN, compleja función, que tiene como objetivo general “la formación de un ciudadano universal”, tal como se postuló en la reciente reunión de la Asociación Internacional de Presidentes y Rectores Universitarios IAUP. Ello corresponde, a los diversos procesos que vive la sociedad global, en la primera década del siglo XXI y entre los cuales se pueden citar a los recientes fenómenos sociales y culturales y los asiduos descubrimientos y realidades en el orden político, económico, científico, tecnológico y demográfico, que conducen al mundo hacia complejos escenarios y hacia un ordenamiento mundial, regidos por nuevos factores.

Las Universidades Colombianas y en particular la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, no es ni puede ser ajena a ello. Muchos conceptos y paradigmas vienen cambiando, pues las necesidades y las demandas de la humanidad en el mundo, así lo exigen. Entre ellos podría citar cuatro consideraciones determinantes para el ámbito académico:

- Cómo acelerar la pronta incorporación de los egresados al ejercicio laboral.
- Cómo implantar y complementar sistemas de movilidad académica en estudiantes de pregrado y de

posgrado y de docentes investigadores, que permitan satisfacer la obligatoria experiencia de conocer las realidades del mundo moderno y la importancia de interactuar con comunidades, ya sean académicas, científicas o sociales, de pueblos hermanos.

- Cómo potenciar la investigación y la innovación, pilares fundamentales de la tarea que nos exige la generación de nuevo conocimiento.
- Cómo preparar, óptimamente, a los líderes de la denominada sociedad global.

Bajo esta visión, el papel de las universidades resulta imperioso frente a estos desafíos, ya que la formación del nuevo estudiante universitario exige desarrollar en él, plenas capacidades y competencias para desempeñarse en los diferentes y actuales ámbitos culturales, sociales y económicos, en su condición de futuros líderes del mundo.

El estudiante de hoy, profesional del mañana, pertenece a todo el universo, es el ciudadano del planeta. El respeto y la valoración de la diversidad cultural, la voluntad para hacer del mundo un espacio más equitativo y sustentable, han de ser, entre otros, los elementos que condicionen la formación profesional de un líder global.

Es por ello que se requiere una revisión a fondo de la visión, la misión, los valores, los objetivos, las prioridades, la organización, los contenidos, las estructuras y los métodos en la educación superior y, particularmente, en la universitaria, con el compromiso de atender los desafíos que las nuevas realidades le plantean. Impulsar, vertiginosamente, los cambios que permitan alcanzar una excelencia en la docencia y una investigación crítica, anticipada, comprometida con el futuro, con las necesidades sociales más esenciales y con la construcción de la paz, basada en la justicia, la

igualdad y el desarrollo humano sostenible, en lo local y en lo global.

Los nuevos desafíos, se deben orientar en el direccionamiento de un ciudadano universal, lo cual significa ser: innovador, creador, eficiente, con conciencia que la educación y la formación que recibe es mucho más que aprendizaje, es dirigir con sentido su propia vida, es mirar desde lo local el conjunto del mundo, es estar unidos a partir de principios universales.

Es por todas estas razones, que la U.D.C.A no ahorra esfuerzos por permanecer y mantener sus relaciones, al más alto nivel, con asociaciones y redes mundiales, pues

es todo ello lo que facilita estar en constante diálogo para integrar a nuestra comunidad académica, estudiantes y profesores, con las experiencias de otras universidades del mundo y para nosotros, en particular, de América Latina y el Caribe, con miras a cumplir los postulados que consagran la importancia de constituirnos en una comunidad de naciones Latinoamericanas y Caribeñas, que así, unidas, podremos afrontar, exitosamente, similares experiencias de otros continentes, ejemplo de hoy, la comunidad europea. De esta manera pretendemos consolidar el papel de la educación superior, como factor estratégico y determinante en el desarrollo sustentable de nuestros pueblos.

LOS ALREDEDORES: TODO UN AMBIENTE EN LA U.D.C.A

Luis Hernando Estupiñán ¹
Luz Marina Cabrera ²

INTRODUCCIÓN

En la Sabana de Bogotá, en su tramo plano, al extremo norte de la ciudad, donde termina la zona considerada como urbana, se encuentra la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, a una altitud de 2.560msnm y con coordenadas geográficas de 4° 35' Latitud Norte y 74° 04' Longitud Oeste.

La zona norte de la capital colombiana constituye un territorio de gran importancia para la sostenibilidad de la Sabana de Bogotá, dada su oferta de bienes y de servicios ambientales. Es una zona relevante para la restauración, conservación, protección y mantenimiento de la estructura ecológica. De acuerdo a lo reportado por Van Der Hammen (1998) y Rangel (2003), esa parte plana corresponde al fondo del antiguo lago, con un suelo andosólico que se formó encima, durante los últimos 30.000 años. El proceso de pérdida del espejo del agua fue un evento natural que se inició, justamente, hace 30.000 años, pero en los últimos mil, se aceleró sobre zonas que aún poseían un espejo de agua, enfáticamente, por la influencia marcada por el hombre. En la actualidad son muy pocos los remanentes con vegetación natural que se hallan en el área. Los testimonios más notorios de la vegetación acuática y de pantano que se establecía alrededor del lago de la sabana, se encuentran en los humedales que, milagrosamente, persisten. Esta vegetación es fundamental para mantener interacciones bióticas, especialmente, para la fauna migratoria de aves que tiene en estos sitios, zonas de descanso y de alimentación en sus travesías (Rangel, 2003).

La vegetación y la flora asociada que conformó tipos especiales en el antiguo lago de la Sabana de Bogotá muestran la influencia de varios elementos geográficos, tanto los provenientes de los hemisferios Norte y Sur como los que se originaron en los ambientes nuevos que se presentaron con ocasión del levantamiento del lago y de la cordillera (Rangel, 2003).

Originalmente, la zona plana de la Sabana estuvo cubierta, por una parte, de bosque de la planicie, con semejanza y muy relacionado con el bosque Andino, pero diferente en la abundancia de las especies, como té de Bogotá (*Symplocos theiformis*), cabo de hacha (*Rhamnus goudotiana*), arboloco (*Smallanthus pyramidalis*), Chilco (*Baccharis latifolia*), aliso (*Alnus acuminata*) y cerezo (*Prunus serotina*) y, por otra, de bosque de aliso, conformado por aliso (*A. acuminata*), como la especie arbórea dominante, acompañada de chucua (*Viburnum cornifolium*), chuque (*Viburnum triphyllum*), arboloco (*S. pyramidalis*), gomo (*Cordia lanata*) y mano de oso (*Oreopanax floribundum*) (Rangel, 2003). En algunos relictos de estos bosque, se germinan otras especies como palo blanco (*Ilex kundtiana*), raque (*Vallea stipularis*), arrayán (*Myrcianthes leucoxila*), té de Bogotá (*Symplocos theiformis*), cerezo (*Prunus serotina*), aliso (*A. acuminata*), corono (*Xilosma spiculiferum*), Arboloco (*Polimnia pyramidalis*), chilco (*Baccharis latifolia*) y cordoncillo (*Piper bogotense*).

Van Der Hammen (1998) manifiesta que el bosque original desapareció pero algunas especies aun subsisten y hacen parte, en la mayoría de los casos, de cercas vivas, como el corono, el arrayán, el raque, el cerezo, el aliso, el arboloco y el cordoncillo, que a su vez constituyen en hábitat de aves, de reptiles, de ranas y de una abundante y diversa entomofauna.

Es importante mencionar que en la parte de los cerros se hallaba vegetación típica del bosque Andino, tanto bajo como alto y lo correspondiente a la formación

¹ Biólogo M.Sc. Docente Investigador Facultad de Ingeniería Agronómica. U.D.C.A e-mail: luishest@udca.edu.co

² Licenciada en Biología. M.Sc. Docente Investigadora Facultad de Ciencias Ambientales. U.D.C.A e-mail: lcabrera@udca.edu.co

de Páramo, incluyendo subpáramo y páramo. Los bosques naturales, se manifiestan en las zonas donde no existe intervención antrópica por diversas razones, entre ellas, las pendientes altas, que impedirían realizar actividades humanas. Por su parte, en las zonas donde ha desaparecido el bosque natural, se formaron plantaciones de especies foráneas introducidas, como es el caso de pino y de eucalipto

En cercanía de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A está la influencia evidente de los humedales (zonas inundables), como el caso del Humedal Guaymaral, que es importante explicar las razones de su presencia.

El Río Bogotá y sus afluentes erogaron sus valles en el sedimento de la laguna de la Sabana, después de drenarse; por ello, estos valles inician en el mismo plano de la Sabana, en la parte más baja, una zona ancha donde se reúnen varios afluentes. Toda esta zona es en principio inundable durante las épocas de lluvia y corresponde a la superficie de los humedales (Van Der Hammen, 1998). Por su parte, Moreno *et al.* (2002) mencionan que los humedales en la Sabana y en el Distrito Capital pertenecen a la cuenca alta del río Bogotá y conforman el sistema geográfico del Altiplano Cundiboyacense, constituyendo un lugar estratégico en el continente, para el paso de aves migratorias.

Los humedales han formado parte de la Sabana de Bogotá hace miles de años y son el resultado de la desecación paulatina del antiguo lago que cubrió el territorio. Se calcula que de las 150.000ha que cubrían los humedales en la Sabana, hasta el año 1940, hoy sólo quedan, aproximadamente, 1.500ha (Moreno *et al.* 2002). Estos ecosistemas (humedales) sufren graves alteraciones, principalmente antrópicas, entre las que se destacan la urbanización, la actividad agrícola de alto impacto, como la floricultura, la siembra de papa, el establecimiento de ganadería y las actividades industriales (Moreno *et al.* 2002).

La vegetación aledaña a estas zonas estaba compuesta por Aliso (*Alnus acuminata*), tuno (*Miconia reclinata*), *Eupatorium fatigiatum*, tinto (*Cestrum parvifolium*), cerezo (*Prunus serotina*), chilca (*Baccharis resoluta*), *Ludwigia peruviana* y un gran número de especies hidrófilas (Van Der Hammen, 1998).

En la zona de inundación, se localizan áreas relativamente bajas, donde se mantiene agua más o menos estancada a nivel del suelo o por encima, durante todo el año o en gran parte. También son frecuentes las áreas de sedimentación de arcilla (Van Der Hammen, 1998).

En los humedales, la vegetación está compuesta por Juncos (*Scirpus californicus*), enea (*Typha angustifolia*), polígono (*Polygonum punctatum*), lengua de vaca (*Rumex obtusifolium*) y duarte (*Bidens lavis*), especies que se caracterizan por presentar raíces que las fijan al suelo o sedimento del fondo (Van Der Hammen, 1998).

Entre la especies flotantes brotan el buchón (*Limnobium laevigatum*), el helecho acuático (*Azolla filiculoides*), la hepática acuática (*Ricciocarpus natans*) y la lenteja de agua (*Lemna* sp). Igualmente, existen especies sumergidas, como hierba de agua (*Myriophyllum* sp.) y chira (*Potamogeton* sp.) (Van Der Hammen, 1998).

En cuanto a la fauna, Moreno *et al.* (2002) reportan la presencia de curies y otras especies de aves, como monjitas (*Angelaius icterocephalus*) y cucaracheros (*Troglodytes aedon*). A ellos, se suman gran cantidad de insectos que son alimento tanto de reptiles como de aves.

ASPECTOS NORMATIVOS: El artículo 61 de la ley 99 de 1993 declaró a la Sabana de Bogotá, sus páramos, aguas, valles aledaños, cerros circundantes y sistemas montañosos como de interés ecológico nacional, cuya destinación prioritaria será la agropecuaria y forestal; no obstante, surgen modificaciones al uso del suelo, facultadas por las autoridades competentes, en la zona norte de la Sabana de Bogotá.

El artículo 10 del decreto 619 de 2000 establece que la Estructura Ecológica Principal para Bogotá está conformada por los Sistemas de Áreas Protegidas del Distrito Capital, los Parques Urbanos, los Corredores Ecológicos y el Área de Manejo especial para el Río Bogotá. El decreto 619 de 28 de julio de 2000, mediante el cual se revisa el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., en el artículo 100 define como Corredor Ecológico de Borde una franja de 50 a 100 metros de ancho de suelo rural contigua y paralela a perímetro urbano, de acuerdo con los instrumentos de planeamiento y determina, en el artículo 94, el uso forestal para el mismo, asignando al DAMA (hoy

Secretaría Distrital de Ambiente SDA), la obligación de establecer el porcentaje máximo de área urbanizable.

El Humedal de Torca Guaymaral está considerado como Parque Ecológico Distrital, en la clasificación del Sistema de Áreas Protegidas, establecido en el artículo 26 del decreto Distrital 619 de 2000, mediante el cual, se adoptó el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.; así mismo, en el artículo 16 de este decreto, se indica que cada una de las áreas declaradas por el Distrito Capital como parte del Sistema de Áreas Protegidas contará con un Plan de Manejo, que deberá ser aprobado por la autoridad ambiental competente y, que en el caso de los Parques Ecológicos de Humedal, será elaborado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

El área donde se desarrollaría el corredor ecológico de borde, en el norte de Bogotá D.C., está incluida en el polígono definido por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, como área de reserva forestal, según la resolución 475 de 2000. En la actualidad, sobre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, pesa una acción de cumplimiento para hacer realidad dicha reserva. Por otra parte, tanto la Secretaría Distrital de Ambiente como un grupo de miembros del consejo directivo de la CAR, consideran la posibilidad de desarrollar un Distrito de Manejo Integrado, figura jurídica que, según el Código de Recursos Naturales tiene por objeto constituir modelos de aprovechamiento racional, para lo cual, son permitidas actividades económicas controladas, investigativas, educativas y recreativas. Estas diferencias hacen evidente la necesidad de establecer, de manera concertada, un modelo adecuado para el manejo del territorio.

CAMPUS UNIVERSITARIO

Clima: De acuerdo con la información histórica de los registros termométricos, la distribución de la temperatura del aire en la zona donde se ubicada el Campus de la U.D.C.A (Zona Piloto), por lo general, aumenta a medida que la humedad atmosférica es menor; así, en términos relativos, las fluctuaciones de temperatura media mensual, a través del año, son del orden de 0,1°C, la máxima oscila entre 14,5 y 13,6°C y la mínima media varía entre 13 y 13,8°C. Igualmente, la temperatura máxima media fluctúa entre 18,2 y 20,1°C, la máxima entre 19,3 y 21,8°C, y la mínima máxima presenta registros entre 12,7 y 18,5°C. Además, la temperatura media mínima oscila

entre 5,8 y 8,8°C, en todo el año. En concordancia con el comportamiento atmosférico, los meses con menor temperatura corresponden al periodo de tendencia lluviosa subterránea (Gómez, 2007).

La lluvia en la zona es menor a 800mm/año; sin embargo es importante resaltar que, en el flanco Occidental de los cerros orientales, las precipitaciones llegan hasta los 1200mm/año, de lo que se puede deducir que dichos volúmenes escurren hacia el humedal de Torca Guaymaral, alimentando también las aguas subterráneas (Gómez, 2007).

Se presentan periodos secos y lluviosos que se alternan durante todo el año. Los meses considerados como secos son enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto y diciembre; siendo julio y agosto los de menos lluvias y de fuertes vientos. Por su parte, los meses lluviosos son abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. Es importante anotar que la regularidad de estas condiciones es muy variada, debido a los fenómenos del Niño y La Niña, que producen cambios climáticos muy fuertes.

La humedad en la zona no presenta mayores variaciones por la presencia del humedal y por las zonas verdes. Los valores registrados indican que la humedad media mensual oscila entre 92 y 91%, mientras que la máxima no supera el 95%, ni baja de 96%. Sin embargo, las variaciones de la mínima mensual se registran entre 88 y 79% de humedad durante todo el año. La evaporación está alrededor de los 80,8 y los 64,5mm/mes (Gómez, 2007).

Suelos: En el área del Campus predominan los suelos clasificados, taxonómicamente, como andisoles. Ocupan la posición de terrazas del río Bogotá, que están sobre un relieve plano, con pendientes entre 1 y 3%, que se formaron a partir de depósitos de ceniza volcánica y se caracterizan por ser suelos jóvenes, con un grado de evolución de bajo a moderado; regular a bien drenados, de textura franco arcillo limosa, en los primeros horizontes y arcillosa, en los horizontes más profundos. Poseen profundidad efectiva moderada, limitada en algunos casos por un nivel freático fluctuante. La morfología del perfil muestra un horizonte Ap sobre un Bw, siendo el primero de color negro, debido al alto porcentaje de materia orgánica y con estructura blocosa subangular, moderadamente desarrollada. El segundo horizonte es de color pardo grisáceo. El pH de estos suelos es medianamente ácido.

Vegetación: A través del tiempo, se pretendió que el Campus se constituyera en una zona que, de alguna manera, reflejara las características ambientales que se presentaban en la zona, antes que se diera la marcada influencia antrópica; es por ello, que se han realizado, oportunamente, programas de revegetalización, a través del establecimiento de especies nativas y típicas de la región. En la tabla 1, se relaciona el listado de especies utilizadas para tal fin y que coexisten en el campus universitario.

Tabla 1. Listado de especies vegetales nativas más representativas del Campus de la U.D.C.A, las cuales, en su mayoría, se seleccionaron y se sembraron, tomando como referencia los reportes de la vegetación existente en épocas pasadas. Se presentan algunas características importantes.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	CARACTERÍSTICAS *	ORIGEN
Alcaparro	<i>Senna viarum</i>	Caesalpinaceae	Árbol, 10m de altura y 25cm de diámetro del tronco. Flores amarillas.	Norte de Sur América
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	Árbol, 25m de altura y 45cm de diámetro del tronco. Flores no vistosas.	Centroamérica
Amarrabollo	<i>Meriana nobilis</i>	Melastomataceae	Árbol, 15m de altura y 30cm de diámetro del tronco. Flores vistosas de color morado.	Colombia
Arboloco	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Asteraceae	Árbol, 10m de altura y 15cm de diámetro del tronco. Inflorescencias amarillas.	Norte de Sur América
Arrayán	<i>Myrcianthes leucoxyla</i>	Myrtaceae	Arbusto que puede alcanzar 25m de altura y 50cm de diámetro. Copa densa con forma de globo, follaje espeso de color verde oscuro brillante; ramas angulosas; ramas resistentes y fragantes.	Norte de Sur América
Borrachero	<i>Brugmansia candida</i>	Solanaceae	Árbol, 10m de altura y 30cm de diámetro del tronco. Flores blancas de gran tamaño.	Centroamérica y Sur América
Caucho sabanero	<i>Ficus andicola</i>	Moraceae	Árbol de 20m de altura, exuda látex, la corteza es lisa; su copa es amplia; el follaje es tupido y de color verde brillante; las ramas crecen de manera oblicua, son gruesas y abundantes.	Colombia
Cerezo	<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae	Árbol de 20m de altura y 70cm de diámetro; su copa tiene forma cónica; el follaje es tupido y de color verde oscuro; las ramas crecen de manera oblicua y horizontal.	Centroamérica
Flor amarillo	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	Árbol, 20m de altura y 40cm de diámetro del tronco. Flores amarillas vistosas.	América Tropical
Gaque	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	Árbol de 20m de altura y 80cm de diámetro, exuda látex de color blanco, el cual, se torna amarillo al oxidarse, la corteza es gris y lisa; su copa es globosa; el follaje es de color verde oscuro.	Norte de Sur América

* (CAR 2004)

Continuación Tabla 1.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	CARACTERÍSTICAS *	ORIGEN
Guayacán	<i>Lafoensia acuminata</i>	Lythraceae	Árbol, 25m de altura y 60cm de diámetro del tronco. Flores blancas vistosas.	Norte de Sur América
Mano de Oso	<i>Oreopanax floribundum</i>	Araliaceae	Árbol, 25m de altura y 40cm de diámetro del tronco. Flores no vistosas.	Norte de Sur América
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>	Acanthaceae	Árbol de 15m de altura y 30cm de diámetro, corteza de color pardo amarillento; su copa tiene forma de pirámide; el follaje es de color verde oscuro.	Norte de Sur América
Palma de cera	<i>Ceroxylum quindiuense</i>	Arecaceae	La palma alcanza 60m de altura y 50cm de diámetro, el tallo es cilíndrico, recto y posee anillos que se originan de la caída de las hojas; la copa es regular y amplia; el follaje es denso.	Colombia
Pino Romerón	<i>Decussocarpus rospigiosii</i>	Podocarpaceae	Árbol, 30m de altura y 100cm de diámetro del tronco; follaje de color verde claro, denso y uniforme; sus ramitas están dispuestas en dos filas sobre sus ramas.	Norte de Sur América
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagáceas	Árbol de 30m de altura y 2m de diámetro, corteza rugosa de color negruzco; su copa tiene forma de globo; el follaje es denso y grueso, de color verde oscuro.	Colombia
Saúco	<i>Sambucus peruviana</i>	Caprifoliaceae	Arbusto de 6m de altura y 80cm de diámetro, corteza granulosa de color crema; su copa tiene forma de globo; el follaje es denso de color verde claro.	Norte de Sur América
Sietecueros	<i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae	Árbol, 20m de altura y 80cm de diámetro del tronco. Flores moradas muy vistosas.	Sur América
Trompeto	<i>Boconia frutescens</i>	Papaveraceae	Árbol, 10m de altura y 40cm de diámetro del tronco. Flores de color crema.	Centroamérica y Norte de Sur América

* (CAR 2004)

Además de las especies descritas en la tabla 1, se enumeran otras que se han utilizado, por sus características ornamentales, como parte del programa

de embellecimiento y de manejo paisajístico, las cuales, una gran proporción, no son especies características de la zona, ni tampoco corresponden a nativas (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de especies vegetales ornamentales no nativas más representativas en el campus de la U.D.C.A.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	CARACTERÍSTICAS *	ORIGEN
Morera **	<i>Morus alba</i>	Moraceae	Árbol, 15m de altura, copa redondeada y abiertamente ramificada; hojas anchas ovadas, flores de color crema o verdoso; frutos: moras de color rosado o rojo.	Asia Occidental
Cayeno	Hibiscos rosa-sinensis	Malvaceae	Arbusto de 3 a 5m de altura, hojas ovales, flores grandes de color rojo vivo, con largos estambres que sobrepasan la altura de la corola.	China
Holly	<i>Pyracantha coccinea</i>	Rosaceae	Arbusto de 6m de altura, copa amplia en forma cónica, follaje verde claro y flores vistosas de color blanco.	Costa Noreste de Estados Unidos
Papiro	<i>Cyperus papyrus</i>	Cyperaceae	Alcanza los 5m de altura; sus tallos son angulosos, de color verde, culmina en un penacho conformado por hojas transformadas.	Asia Menor
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>	Salicaceae	Árbol, 20m de altura y 80cm. de diámetro del tronco. Flores agrupadas y poco vistosas.	Centroamérica y Sur América
Mimbre	<i>Salix viminalis</i>	Salicaceae	Arbusto de 3 a 5m de altura; ramas densamente pubescentes, hojas lanceoladas de color verde oscuro en el haz y gris en el envés.	Asia
Ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cupresaceae	Árbol de 30m de altura; hojas escamiformes; corteza delgada de color pardo grisáceo. Debido a las podas frecuentes ha perdido la forma original y se lo encuentra de diferentes formas.	Mediterráneo Oriental
Geranio	<i>Pelargonium peltatum</i>	Geraniaceae	Herbáceae de 60 a 80cm de longitud; hojas simples; flores vistosas de color rosado agrupadas en umbelas.	Asia Menor y Siria
Primavera	<i>Impatiens balsamina</i>	Balsaminaceae	Herbáceae de 50cm de longitud; tallos erguidos, muy ramificados; hojas de color verde claro; flores de colores variados, blancas, amarillas o rojas.	China e India
Begonia	<i>Begonia foliosa</i>	Begoniaceae	Herbáceae de 50cm. de longitud que pueden alcanzar hasta 2m; tallos erguidos, muy ramificados; hojas lustrosas de color rojo oscuro; flores de colores variados, agrupadas en racimos que cuelgan.	Asia Tropical y Africa tropical

* (CAR 2004)

** Tiene un gran valor simbólico para la U.D.C.A, por que está presente en el Campus, como un homenaje a la memoria del Maestro Doctor Alonso Álvarez Rodríguez.

CONCLUSIONES

El entorno del Campus de la U.D.C.A ha cambiado en los últimos años por la actividad antrópica, representada, principalmente, en la desmedida urbanización y la actividad agrícola de alto impacto que, además de la transformación paisajista, ocasiona problemas de contaminación, que conlleva a la degradación ambiental.

La presencia de instituciones educativas, como es el caso de la U.D.C.A, comprometidas con el ambiente, permite, de alguna manera, mitigar los procesos de degradación ambiental. Campañas en el ámbito de la docencia, la investigación y la extensión, se constituyen en un aspecto positivo que consienten velar por la calidad ambiental, a través del desarrollo de programas tendientes a preservar y restaurar las condiciones de la zona.

En lo que respecta, específicamente, al Campus de la Universidad, se destaca la manifestación de una gran diversidad florística representada, en su mayor parte, por el auge de especies nativas que permite, además, la existencia de una alta diversidad de fauna.

Sobresale, de igual manera, el manejo paisajístico que se le brinda al Campus, que conlleva a una armonía entre la actividad propia de la Universidad, con el ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- CAR. 2004. Vegetación del Territorio CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Bogotá. 872p.
- GÓMEZ, J.A. 2007. Informe de Avance. Proyecto: Corredor Ecológico de Borde Norte (Zona Piloto). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A. Bogotá. 41p. (No Publicado)
- MORENO, V.; GARCÍA, J.F.; VILLALBA, J.C. 2002. Descripción General de los Humedales de Bogotá. Sociedad Geográfica de Colombia – Academia de Ciencias Geográficas. Bogotá. 28p.
- RANGEL, CH.O. 2003. El Antiguo Lago de la Sabana de Bogotá, su vegetación y flora en el tiempo. En: Empresa Acueducto y Alcantarillado de Bogotá & Conservación Internacional Colombia (Eds.) Los Humedales de Bogotá y la Sabana. Acueducto de Bogotá. Bogotá, D.C. p.53-70.
- VAN DER HAMMEN, T. 1998. Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá, Análisis y Orientaciones para el Ordenamiento Territorial. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. Bogotá, D.C. 142p.

Recibido: Febrero 21 de 2008

Aceptado: Octubre 28 de 2008

LA U.D.C.A VISTA A TRAVÉS DEL PRISMA DE LA INVESTIGACIÓN: ESCENARIOS Y RESULTADOS

Liliana Garzón Forero ¹

Desde el inicio de labores académicas en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, se tuvo claro el rol que debería desempeñar la investigación, como uno de los ejes principales de impulso y parte integral de su quehacer. La política fue orientada a ejecutar un trabajo en conjunto, con la docencia y la extensión, acorde con las necesidades del país y permitiendo el fortalecimiento del nombre y posicionamiento académico de la U.D.C.A (s/a, Historia Académica de la U.D.C.A, 2003)

Esta reglamentación, propia del ejercicio de la investigación y formulada para la apropiación de los docentes – investigadores, adscritos a las diferentes facultades y programas de pregrado y postgrado incluía en su contenido el velar por el cumplimiento científico y académico de la investigación; definir los procedimientos para la difusión y la publicación de los resultados de los proyectos de investigación ejecutados en la U. D. C. A ; promover e impulsar la constitución y el desarrollo de grupos de investigación de carácter interdisciplinario y multidisciplinario; identificar y gestionar recursos internos y externos (nacionales e internacionales), para el financiamiento de la investigación y, finalmente, asistir por la integración de la función investigativa a las actividades de docencia y de extensión, tanto en el ámbito de pregrado como de postgrado.

Gestión administrativa

La expansión de la investigación en la U.D.C.A, se planteó de manera sistemática desde su Plan de Desarrollo 1987 - 1990, donde se formuló su organización, forjando el estímulo de la investigación, conformando equipos de trabajo, que promovieran, impulsaran y generaran cambios sociales, especialmente, en los sectores rurales menos favorecidos. Fue así y por esta misma época, que

se conformó la Coordinación de Investigaciones, a cargo del Doctor Carlos Eduardo Calderón Gómez.

Coincidiendo con la creación del programa de Ingeniería Agronómica, en 1992, esta coordinación se convierte en Departamento de Investigaciones y Extensión, con la exigencia de atizar otras actividades investigativas, conducentes a nuevas tecnologías que protegieran el ambiente natural y sociocultural y aseguraran un desarrollo humano sostenible. Entre 1990 y 1993, se da mayor impulso a la investigación, generando como resultado la edición del primer compendio de Resumen Investigativo, que reunió más de 120 investigaciones exitosas (Resumen investigativo, 1992).

En el año 1993, se crea el Centro de Investigaciones, Asesorías y Consultorías CIAC, en cabeza de su director, doctor Guillermo Mateus Valles y como coordinador, el doctor Luis Alberto Guatame Laverde. Posteriormente y con el fin de ofrecer un sólido respaldo en investigación a los programas de especialización de la Universidad, en el año 1996, se fortalece el Departamento de Educación Avanzada e Investigaciones, encomendando su dirección a la doctora Ligia Marlene Forero Rey (Anzola & Forero, 2002).

Con el afianzamiento de estas unidades, para el periodo 1994–1998, la actividad investigativa se incrementó vertiginosamente, reflejada en los trabajos de investigación ejecutados por los estudiantes que optaron, como requisito de grado, por esta modalidad; la muestra fue de 153 trabajos. Este ejercicio indica que, año tras año, la U.D.C.A titula profesionales, en diferentes áreas, con un serio compromiso frente a la investigación, por encima de otras opciones (Resúmenes de Investigación, 1994 y 1998).

Mediante el Acuerdo 207A del 22 de enero de 2003, se otorga el carácter de Vicerrectoría al Departamento de Investigaciones y asume esta función, la doctora

¹ Zootecnista. Esp. en Evaluación y Desarrollo de Proyectos, U. Rosario. Asistente Profesional Vicerrectoría de Investigaciones U.D.C.A. lilgarzon@udca.edu.co

Ingeborg Zenner de Polanía (PEI, 2004). Es un periodo que cuenta con líneas y con proyectos de investigación consolidados, frente a las exigencias emitidas por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” Colciencias. En el año 2004, se otorga a la U.D.C.A su reconocimiento como Universidad, bajo Resolución 4975 de 2004. Posteriormente, en el año 2005, se reorganizó su estructura orgánica, quedando como Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados, con dos oficinas adscritas, la Unidad de Investigaciones y la Unidad de Posgrados, según Acuerdo 255 del 16 de marzo y se nombra como Vicerrector al doctor Orlando Sáenz Zapata. Nuevamente y mediante el Acuerdo 287 del 17 de enero de 2007, la Vicerrectoría de Investigaciones es objeto de una nueva reestructuración: la unidad de posgrados se incorpora a las Facultades y la Vicerrectoría de Investigaciones la conduce el doctor Ramsés Hakim Murad, quien en la actualidad trabaja en el permanente fortalecimiento de esta dependencia, con miras al mejoramiento de la calidad de los procesos investigativos y sus productos.

Líneas y grupos de investigación

Las primeras líneas de investigación, se definieron en 1987, en parasitología y nutrición, como ejes de las dos facultades existentes en su momento en la Universidad: Medicina Veterinaria y Zootecnia. En los años noventa, se crea la línea en cirugía experimental y se celebran los dos primeros encuentros de investigadores en la U.D.C.A, para dar a conocer los avances investigativos enmarcados en las líneas existentes. Sin embargo, el auge más sobresaliente, se registró en el año 1993, pues se desarrollan siete líneas de investigación: 1) Agroforestería, 2) Educación, 3) Medicina Tropical Bovina, 4) Acuicultura, 5) Entomología, 6) Fertilización y Fertilizantes y 7) Ecosistemas Altoandinos y Riego. Además, se firman convenios con Colciencias, la FEN, la FES, Ceniagua, Cenipalma, como entidades cofinancadoras de varios proyectos de investigación.

Paralelamente, con el afianzamiento de las líneas, se conforman siete grupos de investigación, en el año 1998 y se inicia la participación en el proceso de convocatorias ante Conciencias, con la inscripción de 56 hojas de vida de docentes-investigadores, en el CvLAC. De esta manera, se consolida el posicionamiento de la U.D.C.A como institución generadora de conocimiento científico y tecnológico, traducida en el desarrollo de 56 proyectos

de investigación, con la contribución de 61 docentes (PEI, 1998).

Mediante el acuerdo 0184 del 6 de agosto de 2002, se aprueba la creación de otras 14 líneas de investigación, bajo el concepto de estudios inter y multidisciplinarios y son estas: 1) Recursos Genéticos; 2) Estudios socioeconómicos, humanísticos y culturales; 3) Gestión y Desarrollo Empresarial; 4) Nutrición; 5) Agroforestería; 6) Construcción de saber disciplinar, pedagógico y didáctico en la educación superior; 7) Ordenamiento Territorial; 8) Medicina Tropical; 9) Ejercicio Físico; 10) Ecosistemas Altoandinos; 11) Estudio Integral de Sistemas Naturales y Hábitat Colombianos; 12) Productividad Agrícola; 13) Salud Pública y 14) Geomática.

Con el fortalecimiento de las líneas de investigación, también, en el año 2003, se incrementa a nueve el número de grupos, todos registrados ante Colciencias, obteniendo el reconocimiento, siete de ellos.

En el 2005, se hace una revisión de las líneas de investigación institucionales para asociarlas a los grupos de investigación existentes y relacionarlas con las líneas de énfasis de los programas de Maestría, que se proyectan ofrecer a mediano plazo. Como resultado de este ejercicio, se crearon, concertadamente con investigadores y decanos de las facultades, 22 unidades de articulación de procesos de generación, de apropiación y uso de conocimientos orientados a la solución de problemas institucionales y sociales específicos, conocidos como Programas de Investigación – Docencia Extensión – PIDE-.

Acertadamente, el número de grupos de investigación registrados en GrupLAC aumentó a 21, con un total de 72 docentes de la U.D.C.A, participando en ellos. Seis de los grupos obtuvieron su clasificación en categoría C y dos mantuvieron su estado de reconocidos por Colciencias, quedando, en total, 13 registrados.

Para este momento fue preciso estructurar un plan de incentivos económicos dirigido a docentes-investigadores, especialmente, a los integrantes de grupos avalados por la U.D.C.A y que estuviesen reconocidos y clasificados en Categorías A, B o C. Esta iniciativa, se formaliza en el primer periodo académico del año 2008, con miras a fortalecer también los 25 grupos registrados para que alcancen su clasificación,

mejorar la categorización de los siete grupos clasificados en categoría C, bien sea en B ó A y, finalmente, motivar a los docentes-investigadores a generar conocimiento científico.

Estadísticas y resultados

Dentro de las políticas establecidas para el programa de investigaciones, se enfatizó sobre la importancia de divulgar los resultados de esta actividad, tanto en el ámbito nacional como internacional (Martínez & Vargas, 2002). Teniendo en cuenta esta recomendación, en el año 2003, se empiezan a recopilar las estadísticas básicas, llevadas a cabo sobre investigación en la U.D.C.A. Los primeros registros detallan el desarrollo de 69 proyectos, en el lapso comprendido entre 1998 y 2002, de los cuales, se editaron 89 publicaciones y se presentaron resultados en 36 eventos nacionales y 12 internacionales. Hasta ese momento, el monto de financiación total aportado era de, aproximadamente, \$ 1.650'000.000, donde un 61,3%, correspondía a recursos U.D.C.A y, el 38,7% restante fue cofinanciación externa.

Es importante destacar que a los docentes-investigadores de la Universidad, se les adjudicó un tiempo de dedicación a la semana, para adelantar actividades propias de la investigación, las cuales, se incrementaron en un 50%. Igualmente, se elevó el nivel de formación de los investigadores y, actualmente, varios de ellos ostentan un nivel de maestría y de doctorado.

Estas ventajas otorgadas hacen que, en el ámbito académico, se reflejen en la mejora de los programas curriculares, incluyendo asignaturas, como epistemología, seminario de investigación, proyecto de grado, seminario de contexto o metodología de la investigación.

Durante el período 2002 y 2005, la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A invirtió en proyectos de investigación, un total de \$1.033.000.000. Algunos de estos proyectos fueron cofinanciados por entidades externas, tanto nacionales como internacionales, de carácter público y privado, como Colciencias, Sena, gremios de productores y de empresas privadas. En el mismo lapso de tiempo, la cofinanciación externa ascendió a más de \$1.200 millones, es decir, que el apoyo por parte de otras entidades ascendió al 53%.

En la actualidad, se cuenta con 42 proyectos de investigación en ejecución, de los cuales, la U.D.C.A tiene comprometidos recursos por \$ 980'000.000, aproximadamente, y una contrapartida de más de \$1.800 millones, que representa un 55% de apoyo con recursos externos.

Experiencia - Expotecnología

Para la Universidad, el hecho de contar con un alto porcentaje de líneas, grupos y proyectos, con base en la investigación, es un resultado muy satisfactorio, por ello, se decide divulgar a la comunidad científica y académica, los adelantos obtenidos a través de esta actividad. En el año 2003, la U.D.C.A es invitada a participar en la VIII Expociencia - Expotecnología, en donde se exponen diez posters y ocho conferencias magistrales con resultados de trabajos de investigación "exitosos" de las facultades de Medicina Humana, Medicina Veterinaria, Ciencias del Deporte, Enfermería, Ingeniería Comercial, Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria y Zootecnia; de igual manera, se lleva a cabo el lanzamiento de dos herramientas multimedia y un libro.

Como resultado de la anterior participación, en el año 2005, nuevamente la U.D.C.A hace presencia, con los resultados de cinco proyectos de investigación, de las facultades de Zootecnia, Medicina Veterinaria e Ingeniería Agronómica y la extensa muestra de la Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, instrumento de difusión y divulgación de la investigación científica, emanada de los docentes-investigadores de la Universidad, con la participación de investigadores de otras instituciones de educación superior de todo el país.

En la última versión de Expociencia - Expotecnología, año 2007, se llevaron resúmenes de las acciones de diez grupos de investigación y los resultados de 20 proyectos; se presentaron dos conferencias de los proyectos "Respuesta de la papa criolla a la aplicación del magnetismo en la semilla y agua de riego" y "Producción de embriones bovinos *in vitro* con propósitos comerciales. Fase II". De igual manera, se divulgaron las actividades desarrolladas por el Joven Investigador, Diego Randolf Pérez, integrante del Grupo de Investigación "Corredor Ecológico del Borde Norte de Bogotá".

Semilleros de Investigación y Jóvenes Investigadores

Como instrumentos para incentivar la formación investigativa de los estudiantes universitarios, durante los últimos años, se promovieron los programas de semilleros de investigación y jóvenes investigadores, al interior de la Universidad, aplicando a la convocatoria de Colciencias de jóvenes investigadores e innovadores, en el año 2005. Exitosamente, de este ejercicio, fue seleccionada la egresada de Ingeniería Agronómica, Liliana Casasbuenas y el Ingeniero Geógrafo y Ambiental Diego Randolf Pérez, un año después, quien aportó con su actividad investigativa el manejo de la información espacial, a través de los métodos y herramientas que proporcionan los sistemas de información geográfica. Finalmente, en el año 2007 fue seleccionada, como joven investigadora, Norma Constanza Gómez Bohórquez, quien hace parte del Grupo de Fauna Silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria; inició sus actividades de investigación en el 2008.

Con base en estos mecanismos e incentivos, se desarrolló la primera convocatoria, dirigida a estudiantes, para prepararlos como jóvenes investigadores U.D.C.A, obedeciendo a la inquietud que ellos muestran al involucrarse en los procesos investigativos y en hacer parte activa de los grupos de investigación; de igual manera, incrementar el número de jóvenes investigadores innovadores para presentarse en las convocatorias anuales de Colciencias y fortalecer los grupos de investigación. Con el apoyo y la oportunidad que se les brinda a estos estudiantes, se pretende generar un acercamiento al quehacer científico y a la innovación tecnológica.

Laboratorios

El campus de la Universidad dispone de 18 laboratorios, la mayoría para dedicación investigativa formativa y docencia y algunos, exclusivos a investigación o docencia. Se cuenta, además, con otros sitios dentro de la U.D.C.A para el desarrollo de estas actividades, como la Sede El Remanso, la sala de Sistemas de Información Geográfica SIG, la estación meteorológica, las plantas de lácteos y de cárnicos, las salas de informática, la biblioteca y el gimnasio.

Una de las metas a cumplir consignada en el plan de desarrollo 2008 – 2010, de la Vicerrectoría de

Investigaciones es fortalecer la infraestructura de los laboratorios, especialmente, aquellos con potencial investigativo, con el firme propósito de realizar más e importantes convenios interinstitucionales, que generen alianzas entre la empresa y el sector productivo y crear proyectos de investigación y de innovación y desarrollo tecnológico, que respondan a las necesidades del país.

Aspectos a destacar

- La construcción del “Centro de Investigaciones en Fauna Silvestre”, en la sede El Remanso, es un proyecto que nace del estudio y de las diferentes investigaciones sobre el tema, por parte de la doctora Karin Osbahr y que cuenta, actualmente, con el apoyo y los recursos de zoológicos de Alemania, Los Angeles e Inglaterra, con el ánimo de preservar especies silvestres en vía de extinción.
- El proyecto titulado “Susceptibilidad de algunos insectos plagas a la toxina Cry 1Ac del *Bacillus thuringiensis* expresada en plantas transgenicas”, en el que participan los doctores Ingeborg Zenner de Polanía, Rodolfo Mejía y Martín Alonso Bayona, cofinanciado por Colciencias, obtuvo merecidos reconocimientos, a nivel internacional, por la calidad de sus resultados.
- La Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, que desde su creación, año de 1998, se convirtió en el instrumento de divulgación de los resultados de los proyectos de investigación de los docentes-investigadores de la Universidad, además de invitar a publicar a los académicos, tanto del ámbito nacional como internacional, está clasificada actualmente en categoría B.
- Dentro de los logros a destacar, se menciona la inscripción de la Colección Biológica U.D.C.A, ante el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander Von Humboldt”.
- La diversificación de la producción intelectual por parte de los docentes-investigadores, generando, además de la publicación de artículos científicos y técnicos, libros, capítulos en libros, publicación en memorias de ponencias, congresos y talleres. Se socializan los resultados de investigación en forma de manuales y cartillas, como complemento a la docencia y productos multimedia que fortalecen la extensión.

- La creación de la Red U.D.C.A de semilleros de investigación, conformada actualmente por cuatro semilleros de investigación registrados, y tres por registrar.
 - Las acciones desarrolladas por la Alianza Universidad – Empresa – Estado para que mediante el fortalecimiento de los actores y la apertura de sus canales de comunicación se generen proyectos de innovación y desarrollo tecnológico de gran pertinencia para la ciudad - Región.
 - La estructuración y actualización de la legislación en investigación al interior de la U.D.C.A, (acuerdo 285 del 14 de agosto de 2008) que apoyará procesos de registro calificado, acreditación, reacreditación de los programas académicos existentes y fortalecerá la creación de programas de maestría.
 - La creación de un Fondo de Investigaciones complementario a los actuales recursos que la Universidad destina para la financiación de los proyectos de investigación, que contribuya a mejorar la infraestructura y equipamiento de los laboratorios.
 - Dar viabilidad al Comité de Ética en Investigación para hacer la evaluación, discusión y aprobación de los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en sus aspectos éticos.
- MARTÍNEZ de D., E.; VARGAS de A., M. 2002. La Investigación sobre la Educación Superior. ICFES. Bogotá.
- PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL. 2004. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - U.D.C.A. p.30-35.
- PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL. 1998. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - U.D.C.A. p. 48-51.
- s/a. 2003. Historia Académica de la U.D.C.A. Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica (Colombia). 5 (2):11-16.
- RESÚMENES DE INVESTIGACIÓN. 1998. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. p.9-188.
- RESÚMENES DE INVESTIGACION 1992 - 1994. 1994. Corporación Universitaria de Ciencias Agropecuarias. C.U.D.C.A. p.1-71.
- RESUMEN INVESTIGATIVO. 1992. Corporación Universitaria de Ciencias Agropecuarias. C.U.D.C.A. p. 5-129.

BIBLIOGRAFÍA

ANZOLA M., G.; FORERO R., L.M. 2002. Departamento de Investigación. Documento Resumen de las actividades de la Vicerrectoría de Investigaciones.

Recibido: Mayo 28 de 2008

Aceptado: Noviembre 3 de 2008

REQUIEM POR LOS QUE SE FUERON

“Nuestros muertos desaparecen, cuando nadie los recuerda”

Daniel Arturo Quecán Castellanos ¹

“Una de las páginas más conmovedoras y tristes que se encuentra en la historia de una institución, al conmemorar un aniversario, corresponde a aquella que nos muestra los nombres y las hazañas de las personas que ya no nos acompañan en nuestros quehaceres diarios, pero que son recordados con mucha frecuencia. Más triste aún, cuando estos nombres hacen referencia a jóvenes que apenas iniciaron sus estudios universitarios o que, ya habiendo culminado y llenos de ilusiones, pierden la vida en accidentes, a menudo absurdos, dejando espacios no recuperables entre la comunidad. Adultos que sufrieron estos mismos percances, dirigentes de la comunidad universitaria, profesores y administrativos son recordados en estos aniversarios y es, precisamente, con este texto que se pretende honrar su memoria y sentar precedentes escritos para que la comunidad universitaria de la U.D.C.A no los olvide”

*Ingeborg Zenner de Polanía
Editora Revista U.D.C.A*

Por nuestra institución, una espléndida realidad que se fijó hace ya 25 años, un 23 de mayo de 1983, caminaron muchas personas por los pasillos, las zonas verdes, las aulas, el lago, la cafetería y quienes dejaron su huella por las diversas dependencias, pero que por circunstancias de la vida ya no nos acompañan. Sin lugar a dudas, todos ellos, aportaron conocimiento, ciencia, experiencia, alegría, pero sobre todo, amor por la Universidad. Entre ellos y nosotros forjamos y consolidamos a nuestra magna institución.

En esta edición de la Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica queremos rendirles un homenaje

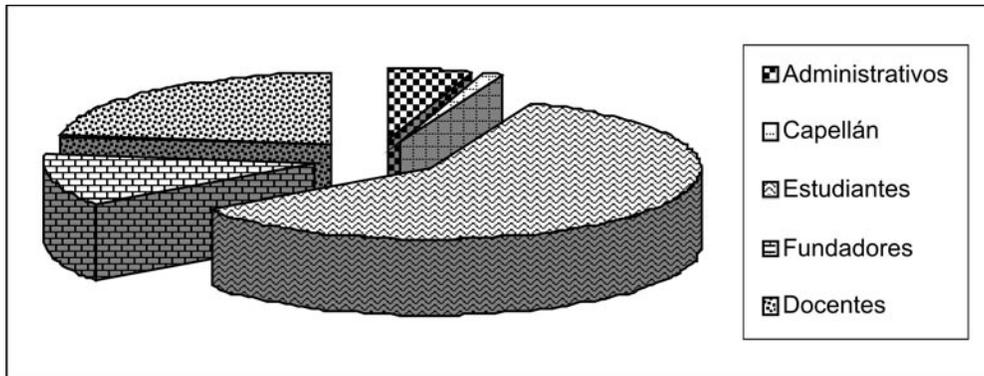
y tributo y recordarlas por todos aquellos momentos compartidos con sus compañeros y sus amigos y que de una u otra manera, formaron parte de este sueño, llamado Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. A los fundadores, directivos, docentes, alumnos, exalumnos y administrativos, que se fueron, un agradecimiento muy especial por dejar su eterno legado. Nuestra memoria los tienen presentes, aunque se debe confesar que de algunos son pocos los recuerdos que se conservan y de otros, los nombres se han perdido con el paso del tiempo, por ello fue difícil rastrearlos u obtener alguna información. Pero de todo corazón, nuestro reconocimiento a todos aquellos que partieron a dormir el sueño de los justos.

Este artículo refleja una triste lista de personas, quienes durante años convivieron en la Universidad y de estadísticas que no dejan de ser dramáticas y que después del análisis de los datos recopilados muestra sinnúmero de decesos por causas violentas o por accidentes de tránsito Esperamos que sirva de reflexión a toda la comunidad universitaria, pues es triste saber que muchas generaciones futuras se han visto truncadas por los azares del destino o por la imprudencia.

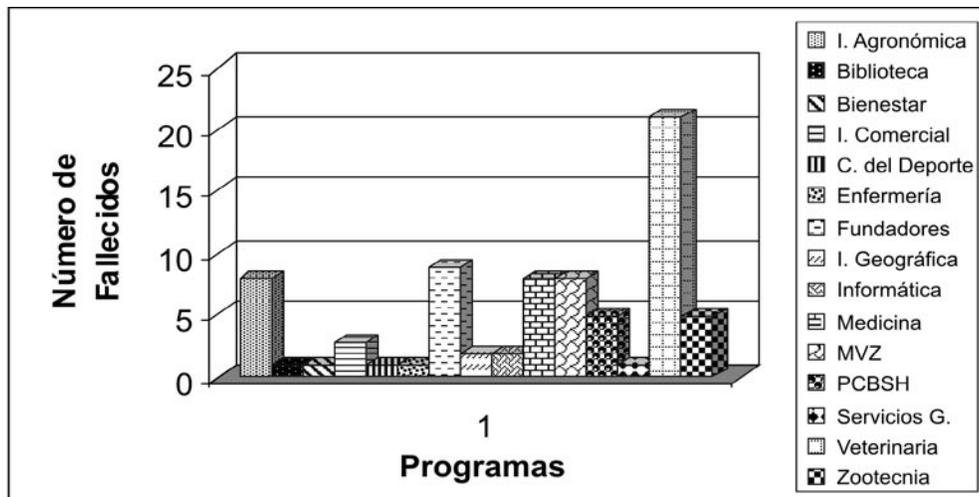
Los datos expuestos, se obtuvieron a través de testimonios de personas y de estadísticas registradas en la Universidad pero, básicamente, indagando y entrevistando a los compañeros y amigos que conforman nuestra academia. De igual manera, se logró establecer cifras por rangos, como grupos de personas, causas, programas, entre las principales (Gráficas 1, 2 y 3 y 4).

Sorprende y es triste observar que el 59% de muertes registradas, corresponde al grupo de estudiantes; es un porcentaje muy elevado frente a la proporción consignada para los profesores, 23%. La facultad con mayor número de personas fallecidas es la de Medicina Veterinaria, registrando 21 decesos, resultado que se puede explicar, posiblemente, por varias causas. La

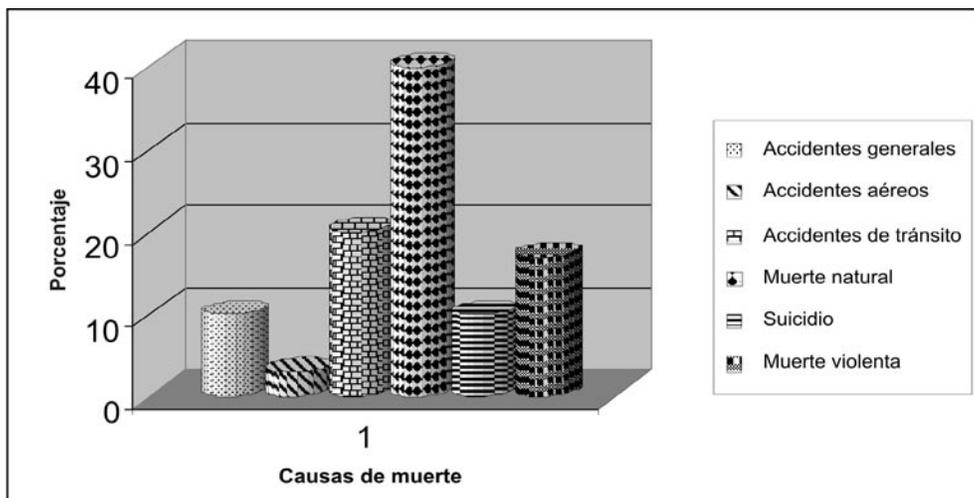
¹ Especialista en Lingüística Aplicada a la Enseñanza del Inglés. Docente del Programa de Ciencias Básicas Sociales y Humanas, U.D.C.A.



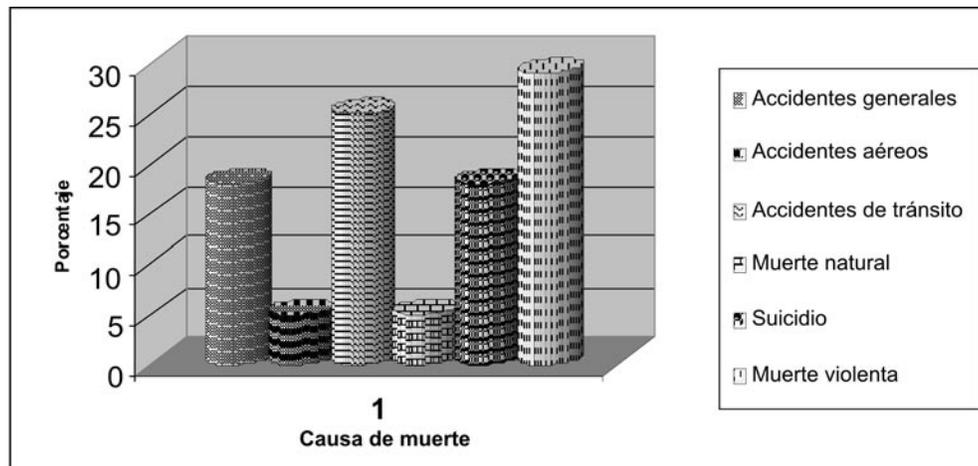
Gráfica 1. Porcentajes, según grupos de personas.



Gráfica 2. Mortalidad registrada por Facultades y por dependencias.



Gráfica 3. Porcentajes por causas de muerte.



Gráfica 4. Causa de muerte entre los estudiantes.

primera, por ser el primer programa establecido en el segundo semestre del año 1983, en la antigua Corporación Universitaria de Ciencias Agropecuarias CUDCA y, segundo, por contar con el mayor número de estudiantes y de profesores adscritos a la facultad. Le sigue el grupo de fundadores, con nueve de nuestros fundadores. La causa mayor de fallecimientos registrados en la Universidad, aparentemente y según los registros, corresponde a muerte natural, pero es necesario tomar en cuenta que la mayor cantidad de decesos entre los fundadores y los docentes esta asociada a que la mayoría de ellos ya eran adultos mayores cuando llegaron a la universidad.

Desafortunadamente, el consumo de licor se asocia a los resultados que arrojan estos porcentajes, dado

que la mayor causa de mortalidad en los estudiantes es por muertes violentas seguida por los accidentes de tránsito. Las estadísticas relacionadas reflejan, sin lugar a dudas, una problemática general que afronta la juventud, no solamente en nuestro país sino a nivel global. Las tecnologías nacientes, la nueva era de la música, el temprano consumo de bebidas alcohólicas y de drogas, las hostilidades intrafamiliares y otras situaciones son las causas más sobresalientes que jóvenes, entre los 15 y 25 años, las convierten en su diario vivir.

A continuación y como tributo a aquellas personas que ya no nos acompañan, una muestra fotográfica.

NUESTROS FUNDADORES



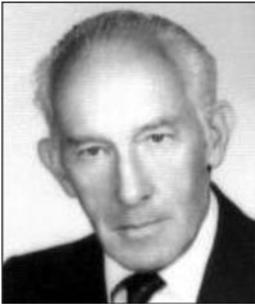
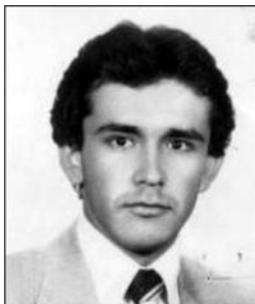
Alberto Gómez Moreno

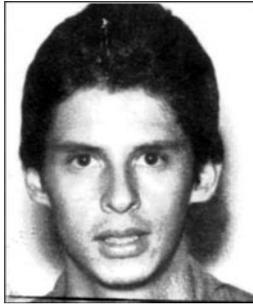
Licenciado en Educación Física de la Universidad Nacional de Colombia. Delegado de la Federación Internacional de Educación Física en Colombia desde 1970 hasta el momento de su fallecimiento. Fundador de las Universidades Central, CTB y U.D.C.A.



Lilia Téllez de Gómez

Nació en el hermoso municipio de Vélez, un 3 de noviembre y falleció el 18 de Mayo de 1991.

	<p>Jurista de la Universidad del Cauca, Secretario General de la U.D.C.A desde 1983 hasta el 30 de agosto de 2002. Gran señor y gran amigo.</p>		<p>Nació en Bogotá, el 7 de julio de 1929. Fue Ingeniero de la Universidad de Illinois, Estados Unidos.</p>
	<p>Graduado en Filosofía y letras de la Universidad de los Andes y se especializó en Florencia Italia y la Complutense de Madrid. Ejerció la docencia en importantes Universidades y el Instituto Caro y Cuervo. Desempeñó importantes cargos en las áreas de la administración pública y la gestión cultural. Miembro de número y Secretario Perpetuo de la Academia Colombiana de la Lengua, Decano y Secretario Académico del Seminario Andrés Bello; miembro de la Real Academia Española y de la Academia Norteamericana de la Lengua Española, Director del Instituto Caro y Cuervo, cargo que ejerció por casi veinte años.</p>		
<p>FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA</p>			
	<p>Médico Veterinario Zootecnista de la Universidad Nacional de Colombia. Asesor técnico de VECOL y jefe del Centro de Diagnóstico de la Universidad de La Salle. En la U.D.C.A se desempeñó como docente de las cátedras de Microbiología I y II.</p>		<p>Bachiller Académico con orientación Militar del Colegio Militar Caldas, 1989. Se le otorgó el título de Médico Veterinario en marzo de 1997. Trabajó para el zoológico de Pereira, en donde falleció.</p>
	<p>Exalumno, graduado en marzo de 1991, como Médico Veterinario. Bachiller del Instituto Félix Restrepo, 1980.</p>		<p>Bachiller del colegio Francisco de Miranda, Bogotá; obtuvo el título de Médico Veterinario en 1991. Ex alcalde del municipio de San Francisco, Cundinamarca y Director del comité de ganaderos.</p>

 <p>Luz Mireya Marín Varela</p>	<p>Bachiller Académico del Colegio María Auxiliadora de Chía, 1989. Obtuvo su título de Médico Veterinario en septiembre de 1998.</p>	 <p>Sergio Arboleda</p>	<p>Bachiller Académico del Colegio Académico de San Sebastián, 1990. En la U.D.C.A fue un líder en el campo de los deportes y fue el gestor de la construcción de la cancha de volley playa, la cual lleva su nombre.</p>
 <p>Francy Marcela Cortés D.</p>	<p>Bachiller Académico del Colegio Nuestra Señora de Chiquinquirá de Bogotá, en 1994. Falleció cuando cursaba noveno semestre de Medicina Veterinaria.</p>	 <p>William Darío Ochoa</p>	<p>Obtuvo su Título de bachiller académico en el Colegio Colombo Europeo de Cali, en 1980. Su grado como Médico Veterinario fue otorgado en diciembre de 1989 y al momento de su fallecimiento, se encontraba haciendo la Especialización de Laboratorio Clínico en la U.D.C.A</p>
 <p>Jaime Alberto Ruíz Fino</p>	<p>Bachiller Académico del Colegio Emmanuel d'Alzon, Bogotá, 2003. Falleció cuando se encontraba cursando sexto semestre de Medicina Veterinaria.</p>	 <p>Efrén Enrique Gómez</p>	<p>Bachiller Académico del colegio Estrada de Maria Auxiliadora, del año 1991. Se le otorgó grado póstumo el 15 de marzo de 2002.</p>
 <p>Gloria Esperanza Chiquiza</p>	<p>Bachiller del Colegio de la Presentación de Zipaquirá en 1997. Falleció cuando cursaba sexto semestre, se le otorgó Grado póstumo, el 8 de abril de 2005.</p>	 <p>Diego Lozano Rico</p>	<p>Bachiller Académico del Colegio Emiliano Valenzuela en 1983. Obtuvo su grado de Médico Veterinario en septiembre de 1991.</p>

	<p>Nació en Zipaquirá, el 22 de enero 22 de 1965. Bachiller Académico del Colegio Departamental Santiago Pérez, 1984. No se registra la fecha exacta de su fallecimiento.</p>		<p>Bachiller Académico del Colegio Militar Antonio Nariño, 1994. Cantante y aficionado del grupo Vallenato de la U.D.C.A. Falleció cuando se encontraba cursando sexto semestre.</p>
	<p>Bachiller Académico de la Academia Militar "General José Antonio Anzoátegui", 1993, falleció cuando cursaba segundo semestres.</p>		<p>Bachiller del colegio Claretiano de Bosa, 1987. Obtuvo su título de Médico Veterinario, el 7 de diciembre de 1999.</p>
	<p>Bachiller Académico del Colegio Departamental "Carlos Lozano y Lozano", 1987. Obtuvo su título de Médico Veterinario, el 9 de septiembre de 1994.</p>		<p>Bachiller Académico del Gimnasio del Norte, 1984; obtuvo su título de Médico Veterinario, el 16 de diciembre de 1991.</p>
	<p>Bachiller académica del colegio de la Presentación de El Aguacatal, Cali; obtuvo título de Médico Veterinario en 2001.</p>		

FACULTAD DE ZOOTECNIA

	<p>Médico Veterinario de la Universidad de Caldas y Magíster Scientiae de la Universidad Nacional de Colombia-ICA, en el área de Nutrición Animal. Trabajo en el ICA y como profesor de cátedra en Universidad Nacional de Colombia. Autor de 9 publicaciones. En la U.D.C.A tuvo a su cargo las cátedras de Nutrición II, Nutrición y alimentación en monogástricos y producción avícola.</p>		<p>Médico Veterinario Zootecnista de la universidad Nacional de Colombia, Master of Science New Mexico State, USA. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia y Universidad de La Salle. En la U.D.C.A lideró la cátedra de Producción Porcina. Vinculado desde 1986 hasta 1993.</p>
	<p>Bachiller Académico del Colegio Nacional de Bachillerato Bienvenido Rodríguez, (Guamal, Magdalena), 1989. No se registra fecha exacta de su fallecimiento.</p>		<p>Bachiller en tecnología, Modalidad -Ciencias Naturales del INEM José Eustasio Rivera, Leticia, 1985. Obtuvo su título como Zootecnista, en marzo de 1993.</p>
	<p>Bachiller del Seminario Menor de Cartago, 1987. Obtuvo su grado como Zootecnista, en agosto de 1992.</p>		

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

	<p>Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Medellín; Master de University of Nebraska; Ph.D. University of Missouri. Fue profesor de las cátedras de Cereales, Genética y Fitomejoramiento en las Universidades Nacional de Colombia y Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Director de la división de Agronomía del ICA, sobresaliente Investigador, generador de importantes variedades de maíz y autor de varios artículos científicos. En la U.D.C.A siempre tuvo a su cargo la cátedra de Fitomejoramiento.</p>
---	--

Manuel A. Torregrosa C.

	<p>Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Medellín; Maestro en Ciencias del Colegio de Posgraduados, Chapingo; Ph.D The University of Florida, además de cursos cortos realizados en Kenia, Corea del sur y Brasil. Gran Señor y amigo franco. Investigador del ICA -Obonuco, Nataima y Tibaitatá; Profesor de las Universidades Jorge Tadeo Lozano, Nariño y Nacional de Colombia; estuvo a cargo de las cátedras de Entomología forestal, Entomología Económica y control Biológico. En la U.D.C.A manejó la cátedra de Entomología, Control biológico y Manejo integrado de plagas y desarrolló investigaciones con el gusano de Seda.</p>		<p>Bachiller de Casa Académica Cultural, 1994. Falleció cuando cursaba sexto semestre.</p>
	<p>Bachiller Académico del Colegio Antonio Nariño, de Yopal, 2003. Falleció cuando cursaba el cuarto semestre.</p>		<p>Nació en Bogotá, el 6 de noviembre de 1975 y falleció en el año 1999. Bachiller Académico del Gimnasio los Comuneros, 1993.</p>
	<p>Nació en Zipaquirá, el 24 de marzo de 1982 y falleció, al parecer en 2006. Bachiller Académico del Colegio Boston, 2003.</p>		<p>Bachiller Académico del Instituto Nacionalizado San Luís, Garagoa, 1991. Obtuvo su grado como Ingeniero Agrónomo en 1998.</p>
	<p>Bachiller Académico del Colegio Cardenal Sancha, 1996. Obtuvo su grado como Ingeniero Agrónomo, en 2005.</p>		

FACULTAD INGENIERÍA COMERCIAL



Diana Marcela Mora R.

Bachiller Académico del Colegio Sagrados Corazones, Madrid (Cundinamarca), 1995. Falleció cuando se encontraba cursando sexto semestre.

FACULTAD DE MEDICINA

Germán Alberto
Rojas G.

Sociólogo de la Universidad Santo Tomas. Heredó el gusto por la música y desde muy joven interpretaba el piano, virtud que siempre lo acompañó. Miembro Fundador de la Asociación latinoamericana y del Caribe para Agentes de la Gestión cultural. Catedrático de la Universidad Pedagógica, El Bosque y Luis Amigó. En la U.D.C.A lideró la Cátedra de Sociología.

Mario Hurtado
Hurtado

Médico cirujano de la Pontificia Universidad Javeriana. Especialista en Gastroenterología, en Tulane Medical School y Oschner Medical Foundation y Medicine Internal, en Wayne State University School of Medicine. Jefe de Medicina Interna y gastroenterología en la Universidad Javeriana, Hospital San Ignacio y Hospital Militar Central. Miembro Honorario de la junta directiva en Foote Memorial Hospital, Jackson, Michigan; 1985-1999.

Humberto A.
Mouthon Y.

Médico y Cirujano de la Universidad de Cartagena, 1965. Especialista de la Universidad Nacional en Urología, 1970.



Viviana A. Castañeda

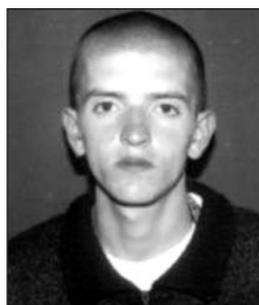
Bachiller académica de la Institución Educativa Distrital "San José Norte", en 2005. Falleció cuando se encontraba cursando segundo semestre.



Jenny López Villamizar

Nació en Pamplona, el 3 de julio de 1983. Cursó el bachillerato en el Colegio Nuestra Señora del Rosario- Pamplona 1999.

FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE



Juan Manuel Aponte V.

Bachiller Académico del Gimnasio Emilio de Brigard. Falleció durante el periodo intersemestral después del primer semestre.

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



William A. Jiménez R.

Nació en Bogotá, el 6 de abril de 1978, en Toca, Boyacá y falleció el 2 de marzo de 2000, cuando se encontraba cursando su pasantía de 10 semestre. Bachiller del Instituto Técnico Agrícola Valsalice, 1995.



David Mateus Martínez

Nació en Vélez, el 15 de agosto, de 1978, en Chía. Bachiller Académico del Colegio Nacional Nicolás Esguerra, 1995.



Eduar Yoany Salcedo B.

Bachiller del Instituto Técnico Industrial de Zipaquirá, 1993. Obtuvo su título de Médico Veterinario Zootecnista, en marzo de 2003.



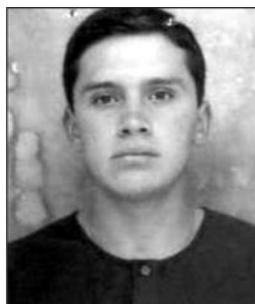
Carlos A. González A.

Bachiller del Liceo Nacional José Joaquín Casas, 1989; se le otorgó grado póstumo en septiembre de 2003.



Eddy Marcela Correa P.

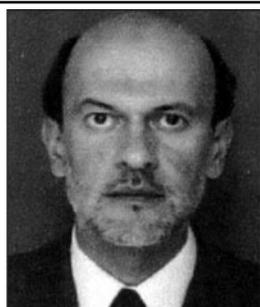
Nació en Bogotá, el 6 de junio, de 1976, en Mérida, Venezuela y falleció el 22 de febrero, 2008. Bachiller del Liceo de Colombia, 1994. Graduada como Médico Veterinario Zootecnista en 2005.



Juan David Forero B.

Nació en Bogotá, el 6 de julio de 1978 y muere en el Municipio de Chía, en el año 2008. Estudió en el Colegio Departamental Nacionalizado "Antonio Nariño", Cajicá. Graduado como Médico Veterinario Zootecnista en junio de 2003.

FACULTAD DE ENFERMERÍA



Jorge Sánchez

Licenciado en Enfermería de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de las Universidades Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana y Ciencias Aplicadas y Ambientales. Autor de numerosas publicaciones para diferentes libros y revistas. Trabajó en el Hospital Lorencita Villegas de Santos y de la Misericordia. En la U.D.C.A tuvo a su cargo la cátedra de Cuidado Básico

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL

William E. Cepeda
Peña

Ingeniero Geográfico de la Universidad Jorge Tadeo Lozano; Magister en ciencias Meteorología, de la Universidad Nacional de Colombia. Fundador y Presidente honorario de la Asociación de Astrónomos Autodidactas de Colombia; miembro de la Sociedad geográfica de Colombia; socio de la Sociedad Astronómica de España y América, The Planetary Society y de la Space Guard Foundation. Autor de 25 publicaciones sobre el área de estudio. En la U.D.C.A impartió cátedras de matemáticas especiales, álgebra computacional, cálculo I, cálculo II, cálculo III, cálculo IV, astronomía.



Álvaro Castro Ospitia

Nació en Bogotá, el 20 de julio, de 1981. Bachiller del Liceo Comercial Santa Clara. Falleció cuando cursaba segundo semestre.

PROGRAMA DE CIENCIAS BÁSICAS SOCIALES Y HUMANAS



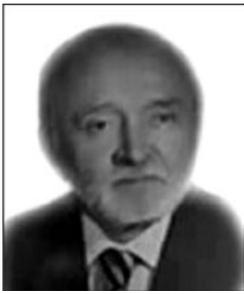
Guillermo Rivadeneira V.

Doctor en Derecho y Ciencias Sociales; miembro de número del Centro Jurídico de Ciencias Civiles y Laborales de la Universidad Libre de Colombia. Profesor del Centro Universitario Nuestra Señora de las Mercedes, Universidad Santo Tomás, Universidad Católica de Colombia, E.A.N. Además de juez civil y laboral fue asesor jurídico del Incora. En la U.D.C.A dictó la cátedra de Historia Social y Económica.



Jairo Mercado Romero

Licenciado en Filología e Idiomas de la Universidad Libre; postgrado en literatura Latinoamericana del Instituto Caro y Cuervo y estudios de postgrado en Investigación Interdisciplinaria de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Profesor de las Universidades Nacional de Colombia, Distrital Francisco José de Caldas, Libre de Colombia y de Estudios Internacionales de Shanghai, China. Autor, poeta y escritor de varias obras literarias. En la U.D.C.A profesor de Metodología de la Investigación y de la cátedra libre Gabriel García Márquez.

	<p>Médico Veterinario Zootecnista de la Universidad Nacional, egresado en la década de los 50. Graduado también como Abogado y Economista, trabajó en el Ministerio de Agricultura y en Fedegán; profesor en la Facultad de Medicina Veterinaria de la U. En la U.D.CA fue docente de Economía y jefe de planeación.</p>		<p>Licenciado en Español - Inglés de la Universidad Pedagógica Nacional, 1996. Profesor de la pontificia Universidad Javeriana, fundación Universitaria del Área Andina y del Instituto Coninglés. En la U.D.C.A fue profesor de los niveles de inglés.</p>
---	--	--	---

SERVICIOS GENERALES

	<p>Nació en Leticia, el 17 de julio de 1963 y falleció en la ciudad de Bogotá, el 30 de junio, de 2005. Bachiller del Colegio Parroquial Inmaculado Corazón de María. Vinculado a la U.D.C.A como conductor desde el año 2000. Elegido como el mejor empleado del año 2004.</p>
---	---

Carlos Rodríguez Salvador

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

	<p>Ingeniero Electrónico de la Pontificia Universidad Javeriana; cursó el Seminario Internacional Roquencourt, Francia. Laboró en el Politécnico Grancolombiano, UNICEF, ICFES, Flota Mercante Grancolombiana y DANE. Se desempeñó como docente en la Escuela Superior de Administración Pública y en la Universidad INCCA. Estuvo vinculado a la U.D.C.A desde 1992 hasta el año 2007, como Director del departamento de Informática.</p>		<p>Ingeniera de Sistemas de la Universidad “Francisco José de Caldas” 1992; Especialista en Gestión Gerencial de la Fundación Universidad Central, 2000. En la U.D.C.A lideró las cátedras de Informática.</p>
---	--	--	--

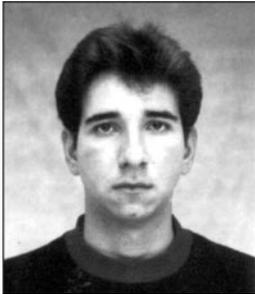
Manuel Reina Matallana

Mary Luz Sánchez S.

BIENESTAR SOCIAL UNIVERSITARIO

	<p>El padre Abella obtuvo título en Filosofía y Humanidades, Teología y Ciencias Bíblicas en el Seminario Mayor de Bogotá; Licenciatura en Teología de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá; y Especialización en Derecho Canónico de la Pontificia Universidad Javeriana. Fue Vicario Parroquial en las Parroquias Santa María Madre de Jesús, San Judas Tadeo y San Mauricio en Bogotá. Además fue Capellán en el Colegio San Antonio, Colegio Parroquial San José, Colegio San Antonio y en la U.D.C.A de 2003 hasta el 2005.</p>
---	---

Carlos Hernán Abella R.

BIBLIOTECA

Evelio Vallejo Gómez

Realizó estudios de Bibliotecología y archivista en la Universidad de La Salle. En la U.D.C.A laboró como procesador técnico en la biblioteca desde septiembre de 1996 hasta la fecha de su fallecimiento.

Para todos ellos y los que nos hicieron falta, no por omisión, nuestro agradecimiento y gratitud por formar parte de nuestra familia de la U.D.C.A.

Recibido: Junio 20 de 2008

Aceptado: Noviembre 7 de 2008

VALIDEZ, FIABILIDAD Y ESPECIFICIDAD DE LAS PRUEBAS DE AGILIDAD

VALIDITY, RELIABILITY AND SPECIFICITY OF AGILITY TESTS

Yennys González De los Reyes¹

RESUMEN

Los deportistas de actividades intermitentes requieren, dentro de la competencia, perseguir o eludir contrarios, dar respuesta a movimientos con cambios de velocidad y dirección provenientes de una variedad de estímulos; todo esto, de manera rápida, precisa y eficaz. El propósito de este estudio fue analizar la validez, la fiabilidad y la especificidad de las pruebas de agilidad y su relación con la velocidad. Adicionalmente, analizar factores de lateralidad e índices de masa corporal. Participaron 41 estudiantes de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, 17 futbolistas, 10 voleibolistas y 14 estudiantes de la facultad de Ciencias del Deporte. Todos fueron valorados antropométricamente y realizaron cuatro pruebas: tres de agilidad, carrera de obstáculos (general), T-test (voleibol), Buttifant (fútbol) y, una de velocidad (30m). Las pruebas de agilidad, se realizaron por derecha e izquierda. Cada grupo repitió la prueba específica. Entre los resultados destacamos que la única prueba de agilidad válida fue la de Buttifant, ya que presentó independencia de la velocidad ($r=0,42$) indicando que la validez de las pruebas depende del concepto de agilidad y de las características de cada deporte. La fiabilidad fue muy alta para obstáculos y Buttifant ($r > 0,90$), pero no aceptable para T-test ($r=0,79$). Se demostró que la prueba de Buttifant es más específica para los futbolistas, el T-test para los voleibolistas y, el de obstáculos, inespecífico. Además, el índice de masa corporal, no discriminó entre los grupos ($n.s = p < 0,05$) y no se estableció influencia de lateralidad al no encontrarse diferencias significativas.

Palabras clave: Agilidad, prueba, deporte, cambios de dirección, entrenamiento.

SUMMARY

Sportsmen of intermittent activities require, within the competition, to persecute or to elude opponents and to respond to movements with changes of speed and direction of a variety of stimuli, in a fast, precise and effective form. The intention of this study was to analyze the validity, reliability and specificity of agility tests and its relation to speed. In addition, factors of laterality and the corporal mass index were analyzed. Participated 41 students of the Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, 17 soccer players, 10 voleibol players and 14 students of the faculty of Sport Sciences. All were anthropometrically valued and three tests of agility were applied: race of obstacles (general), T-test (volleyball), Buttifant (soccer) and 30m speed. The agility tests were made from right and left. Each group made a post-test of the specific one. Among the results we emphasize that the only valid agility test was the Buttifant, since it presented speed independence ($r=0.42$), showing that the tests validity depends on the concept of agility and the characteristics of each sport. The reliability of the test was very high for obstacles and Buttifant ($r > 0.90$), but not acceptable for T-test ($r=0.79$). The present study demonstrated that the Buttifant test is more specific for soccer players, the T-test for volleyball players, and the obstacles test nonspecific. In addition, the corporal mass index did discriminate between the groups ($n.s = p < 0.05$) and laterality influence was not established due to the absence of significative differences.

¹ Licenciada en Educación Física, Ms. en Voleibol. C. Dr. Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Docente investigadora, facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. yengonzalez@udca.edu.co.

Key words: Agility, test, sport, direction change speed, training.

INTRODUCCIÓN

La agilidad se ha definido, clásicamente, como la habilidad de cambiar la dirección rápidamente (Bloomfield *et al.* 1994), pero también la habilidad de cambiar la dirección rápidamente y con precisión (Barrow & McGee, 1971). También es considerada como resultante de las capacidades físicas y de las perceptivo motrices (Porta, 1988; Hernández Corvo, 1989; Castañer, 1991; Sánchez Bañuelos (2002) citados por Fernández *et al.* 2006), además de un rápido movimiento de todo el cuerpo con cambio de dirección de velocidad en respuesta a un estímulo (Sheppard & Young, 2006). Dentro de las investigaciones que inicialmente relacionaron la velocidad lineal con la agilidad, se destaca la de Draper & Lancaster (1985), quienes reportaron una correlación, significativamente, baja a moderada ($r=0,472$). Young *et al.* (1996) también evaluaron las relaciones entre la velocidad y los cambios de dirección de la velocidad (COD), en los jugadores de fútbol australianos, evidenciando débiles relaciones entre la habilidad para correr en línea recta y aquella para desempeñar tareas complejas, como driblar un balón (Tsitskarsis *et al.* 2003) o rebotar en el fútbol australiano (Young *et al.* 1996). Basándose en estas consideraciones, las pruebas y el entrenamiento de la agilidad, se dirigen hacia la demanda de habilidades que podrían aumentar la validez. Usando pruebas similares con cambios planeados, Baker (1999) examinó las diferencias de desempeño de jugadores élite de la liga de rugby. Los resultados del estudio de Baker (1999) apoyan aquellos de Young *et al.* (1996), en que los sprints y la agilidad son cualidades físicas separadas.

Djevalikian (1993) citado por Sheppard & Young (2006) analizó la relación entre los desequilibrios de fuerza en la potencia muscular concéntrica entre la pierna derecha e izquierda y los COD, mientras se aparta la pierna más débil; en otras palabras, si un individuo es más débil de la pierna izquierda, se movería más despacio hacia la derecha, debido a la acción de empuje de la pierna izquierda. Los resultados sugirieron que no hubo relación significativa entre la potencia del músculo concéntrico y el COD. Sin embargo, Young *et al.* (2002) informaron que los desequilibrios musculares de las extremidades inferiores influyen en el COD. Se encontró que sus participantes eran, significativamente, más lentos para cambiar de dirección con la pierna más débil cuando se realiza una prueba unilateral de salto de caída para la fuerza reactiva.

Teóricamente, factores como la grasa del cuerpo y las longitudes de segmentos corporales pueden contribuir al desempeño de la agilidad. Las baterías de pruebas han revelado que atletas en deportes, tales como el rugby y el fútbol, quienes se desempeñan mejor en las pruebas COD, también tienden a tener más baja grasa en el cuerpo (Gabbett, 2002; Meir *et al.* 2001; Reilly *et al.* 2000). Otro estudio que involucró las correlaciones de grasa corporal y COD en jugadores de rugby encontró que las dos variables no estaban fuertemente correlacionadas ($r=0,21$) (Webb & Lander, 1983). La relación entre estas dos variables no es clara. Según Bouchard (2000), en su revisión sobre composición corporal una de las limitaciones del índice de masa corporal (IMC), como las tablas de talla y peso, fallan al considerar la proporción de la composición corporal, como el más importante componente en la distribución de la grasa corporal.

La prueba de agilidad Illinois, considerada una prueba estándar de agilidad, el sprint de 20m, la prueba up-and-back y la prueba 505 fueron comparados. Los investigadores concluyeron que la prueba 505 fue la más válida de las pruebas examinadas, porque produjo la más alta correlación con la aceleración en la fase de cambio de la prueba, pero no se correlacionó altamente con la velocidad (Hastad & Lacy, 1994, citado por Gabbett, 2002).

El tema común en las pruebas de agilidad usadas por Baker (1999), Draper & Lancaster (1985), Webb & Lander (1983) y Young *et al.* (1996, 2002) es que no existe ningún estímulo presente y, por consiguiente ninguna de estas pruebas requiere algún componente cognoscitivo y reactivo. Dentro de la revisión de la literatura, se encontró un gran interés en la batería de pruebas encaminada al descubrimiento y predicción de talentos deportivos. Esto nos puede sugerir acerca de la importancia de la especificidad de las pruebas en la detección de talentos.

En el deporte de voleibol, Gabbett *et al.* (2006) analizaron los efectos de un programa de entrenamiento enfocado a las habilidades, la agilidad (T-test) y las habilidades técnicas en jugadores talentos de voleibol antes y después del programa propuesto. Se observaron mejoras importantes en la velocidad y la agilidad; esto puede reflejar la naturaleza altamente repetitiva de las habilidades técnicas del voleibol (bloqueo y remate). Continuando con este deporte, Barnes *et al.* (2007)

concluyeron que los individuos con gran salto en contra movimiento, también poseen tiempos rápidos en las pruebas de agilidad y sugiere un entrenamiento específico en salto vertical para incrementar diferentes tipos de agilidad.

Uno de los deportes que más se ha interesado en la agilidad es el fútbol. Tal es el caso de Vanderford *et al.* (2004), quienes evidenciaron mejoría en la agilidad y las habilidades específicas, a través de la edad, lo cual, se podría atribuir, posiblemente, a la madurez física. La participación femenina en este deporte se ha incrementado en los últimos años y se evidencia en las investigaciones encontradas (Vescovi *et al.* 2006), cuyos hallazgos muestran pequeñas diferencias de posición y el desempeño físico (agilidad) entre jugadoras de fútbol, por lo tanto, los entrenadores deben considerar todos los componentes relacionados con el alto rendimiento en este deporte.

Farrow *et al.* (2005) presentaron una nueva metodología para la medición de la agilidad en jugadores de Netball, respondiendo a una presentación de video interactivo de un jugador, iniciando un pase, comparándolo con un movimiento de agilidad pre-planeado donde no hubo estímulo externo. El hallazgo clave en esta investigación es que las pruebas de agilidad planeada no suministran una indicación verdadera del desempeño del atleta en un deporte de conjunto, donde muchas de las respuestas de agilidad ejecutadas por un jugador son la reacción a un oponente.

En el campo de la educación física, los investigadores han querido diseñar y validar pruebas de agilidad en la primaria (Fernández *et al.* 2006); los resultados demostraron una alta fiabilidad, un grado de dificultad bajo y en la duración de la prueba resultó económica. En otras pruebas empleadas como la que valora la agilidad en la batería Eurofit del año 1992, prima la velocidad de desplazamiento sobre otros componentes. Además, los COD, a pesar de ser constantes, se realizan de la misma manera y a intervalos excesivos. También, Martínez *et al.* (2003) y Grosser & Starischka (1988) incluyen en sus protocolos pasar por debajo de las vallas y saltar, situación que invalida la prueba para los niños de esta edad.

En el contexto nacional, aunque las investigaciones no se centran en la valoración de la agilidad, se destaca el estudio realizado en Medellín (Colombia), por Monroy

(1994), el cual, nos muestra la relación entre las capacidades de velocidad, de agilidad y de potencia de miembros inferiores, las cuales, se han venido trabajando con niños practicantes de tenis, encontrando una influencia significativa de la carga de entrenamiento sobre el desarrollo de la velocidad, pero no significativa sobre la agilidad ni la potencia de miembros inferiores.

En resumen, los problemas de la valoración de la agilidad que se han detectado, según el punto de vista de varios autores es que estos deberían ser independientes de la velocidad, ya que, inicialmente, fueron utilizados para valorar la capacidad de acelerar, desacelerar y re-acelerar (Buttifant *et al.* 1999). Existe pues, una carencia de investigaciones acerca de la agilidad y, concretamente, sobre su valoración que aclaren y analicen aspectos acerca de la validez, fiabilidad y especificidad de estas pruebas que encontramos en la literatura, en deportes que le atribuyen a esta capacidad gran importancia en su desarrollo y perfeccionamiento.

Teniendo como base estos antecedentes, el propósito principal de esta investigación fue analizar la validez, la fiabilidad y la especificidad de tres pruebas de agilidad (carrera de obstáculos, T-test y Buttifant), aplicados a tres grupos distintos. Adicionalmente, se analizó la influencia de factores, como iniciar una prueba por derecha o por izquierda, y la composición corporal de los sujetos en los resultados de las pruebas de agilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participaron 41 estudiantes de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, de los cuales, 17 jugadores son de fútbol ($21,0 \pm 0,5$ años, $65,5 \pm 2,4$ kg, $1,75 \pm 0,02$ m), diez, jugadores de Voleibol ($21,0 \pm 0,4$ años, $72,5 \pm 3,5$ kg, $1,81 \pm 0,03$ m) y 14 estudiantes de la facultad de Ciencias del Deporte ($24,1 \pm 0,7$ años, $63,9 \pm 2,1$ kg, $1,71 \pm 0,01$ m), de Bogotá (Colombia) Todos fueron varones saludables, quienes estuvieron compitiendo en el torneo universitario seccional Bogotá (selecciones de fútbol y voleibol) y dieron por escrito su consentimiento, antes de iniciar el estudio.

De los 41 sujetos que participaron en el presente estudio, 37 eran diestros, fueron valorados antropométricamente y realizaron tres pruebas de agilidad y una prueba de velocidad. Todas las pruebas fueron cronometradas manualmente, mediante el cronómetro Casio Lap

memory 10. Las tres pruebas de agilidad eran diferentes y una de ellas específica para cada grupo, se repitió por segunda vez, con una diferencia de dos días. Las pruebas, se desarrollaron en dos sesiones diferentes y, adicionalmente en una tercera sesión, cada grupo repitió su prueba específica. El orden fue el siguiente: primera sesión, la prueba general y una específica y segunda, la otra prueba específica y una de velocidad. Antes del desarrollo de las pruebas, se realizó un calentamiento que incluía dos ensayos de las pruebas, una por derecha y otra por izquierda. Todos los grupos repitieron su prueba así: el grupo de estudiantes de la facultad de ciencias del deporte repitió la prueba carrera de obstáculos (OBS), los practicantes de fútbol repitieron la prueba de Buttifant (BUT) y los practicantes de voleibol repitieron el T-test. Se seleccionaron las siguientes pruebas de agilidad y velocidad:

La prueba OBS: se desarrolló utilizando dos vallas a una altura de 90cm. enfrentadas y separadas 6m, con dos banderas ubicadas a 3m y enfrentadas 4m. El sujeto salía de pie y describía una "X" pasando por debajo de la primera valla, posteriormente pasaba por encima de la segunda valla y, finalmente, por encima de la valla inicial. Se realizaron dos intentos por izquierda y por derecha, obteniendo el mejor tiempo como representativo de ambas mediciones, en tanto que se llevaron a cabo manualmente.

La prueba BUT (Buttifant *et al.* 2002): se realizó colocando seis picas de madera de 1,3m de altura, separadas entre sí 4m y determinando un recorrido en zigzag de 20m. La separación lateral de las picas fue de 6m. El futbolista a la voz de preparados, listos ya, debía recorrer en el menor tiempo posible los 20m, con cambios de dirección. Se realizaron dos intentos, variando la situación de la primera pica a la izquierda y derecha de los sujetos, obteniendo así el mejor tiempo, registrándolo como representativo de ambas mediciones.

El T-Test (Badenhorst, 1998): se ubicaron cuatro conos separados 5m entre sí, formando la letra "T". El sujeto a la voz de preparados, listos ya, partía en línea recta a tocar con la mano el primer cono, luego seguía a tocar el cono de la izquierda regresaba al cono central, seguía al cono de la derecha y, finalmente, terminaba en el cono del inicio. Se realizaron dos intentos variando la dirección de izquierda o derecha del primer cono, obteniendo

el mejor tiempo y la media de los dos intentos. Este último valor fue seleccionado como representativo de ambas mediciones, en tanto que se llevaron a cabo manualmente.

La prueba de Velocidad de 30m: se realizó con salida alta, con un pie pisando la línea de salida (justo en la mitad del pie) y el otro y los brazos en posición libre. No se permitieron balanceos hacia atrás, ni despegar el pie del suelo. El sujeto corrió a la máxima intensidad los 30m. Se hicieron tres intentos, obteniendo el mejor tiempo y la media de ellos. Este último valor fue seleccionado como representativo de las tres mediciones, en tanto que se llevaron a cabo manualmente.

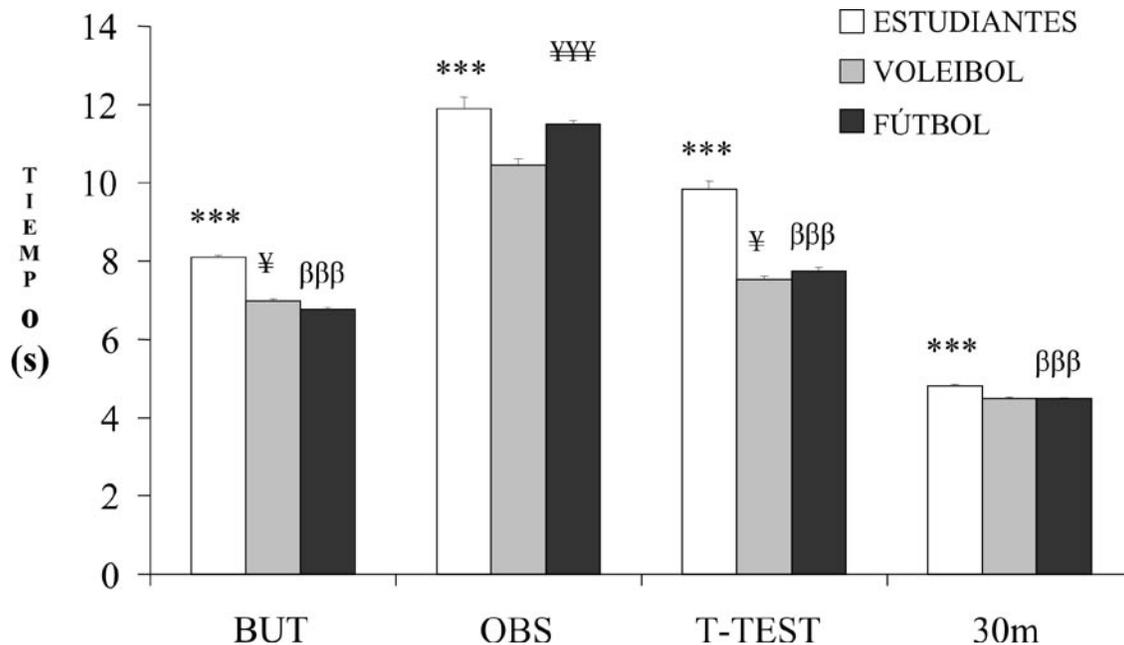
Siguiendo las consideraciones del GREC (Esparza, 1993), se tomó una medición relativa del peso, talla y ocho pliegues cutáneos (tricipital, bicipital, subescapular, pectoral, supra espinal, abdominal, muslo y pierna), de los que se obtuvo el sumatorio de ocho pliegues (todos ellos) y el sumatorio de seis pliegues (tricipital, subescapular, supra espinal, abdominal, muslo y pierna). A partir del sumatorio de seis pliegues, se obtuvo el porcentaje de masa grasa, atendiendo a la ecuación de Yushaz (Esparza, 1993): % Grasa = (Sumatorio seis pliegues \times 0,097) + 3,64. A partir del peso y la talla de los participantes, se obtuvo el índice de masa corporal o Body Mass Index (BMI): BMI = Peso (kg) / Talla² (m). El material utilizado consistió en una báscula digital de precisión 0,005kg (Mobba ®); tallímetro (Holtain ®) y compás de pliegues cutáneos de 0,2mm (Harpender ®).

El tratamiento gráfico, se registró en la hoja de cálculo Excel-v7.0 y el tratamiento estadístico en el paquete Statistica-v4.5 para Windows. Los resultados, se muestran como media y error estándar de la media (Media \pm EEM). Para el estudio de las diferencias entre los tres grupos analizados, se hizo un análisis de la varianza (ANOVA), aplicando una prueba mediante la prueba de Newman-Keuls; en el análisis de las diferencias en el mismo grupo, al aplicar dos veces la misma prueba, se ha utilizado un análisis de la varianza (ANOVA), para medida repetidas. Para el cálculo de las correlaciones entre las variables, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson. Los niveles de significación "p" son: n.s. = no significativa ó $p < 0,05$; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los resultados la prueba de Buttifant utilizado, tradicionalmente en el deporte del fútbol parece beneficiar a los practicantes de fútbol y el T-Test usado, preferencialmente, en voleibol, también parece favorecer

a los practicantes de este deporte (Figura 1). Los trabajos seleccionan las pruebas de agilidad por su parecido a los desplazamientos propios de la actividad deportiva, pero ninguno ha comprobado que el rendimiento puede ser mayor en unos u otros.



* = diferencias estadísticamente significativas entre estudiantes y practicantes de voleibol. ¥ = diferencias estadísticamente significativas entre los practicantes de voleibol y de fútbol. β = diferencias estadísticamente significativas entre los estudiantes y los practicantes de fútbol. Niveles de significación estadística: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Figura 1. Diferencias encontradas entre los grupos de participantes en las pruebas de agilidad y la prueba de velocidad.

Con relación a la influencia de iniciar una prueba por derecha o por izquierda en la literatura se encontró que no hay claridad en este aspecto, ya que estudios realizados por Djevalikian (1993), citados por Sheppard & Young (2006) quien examinó la relación entre los desequilibrios de fuerza en la potencia muscular concéntrica entre la pierna derecha e izquierda y los COD, mientras se aparta la pierna más débil, sus resultados sugirieron que no hubo ninguna relación significativa entre la potencia del músculo concéntrico y el COD. Sin embargo, Young *et al.* (2002) informaron que los desequilibrios musculares de las extremidades inferiores influyen en el COD. En el presente trabajo, no se obtienen diferencias significativas entre realizar las pruebas de agilidad por la derecha y por la izquierda, posiblemente, debido a que todas las

pruebas siempre iniciaron por la derecha y siendo la mayoría de los ejecutantes diestros, podría haberles beneficiado en el aprendizaje de la prueba (Tabla 1). Por lo tanto, futuros trabajos deberían aleatorizar el inicio por la derecha e izquierda. Según el trabajo de Gabbett *et al.* (2006) es muy útil la aplicación del T-test para la selección de talentos en voleibol; sin embargo, según nuestros resultados, la fiabilidad del T-test en diferentes sesiones de valoración es la más baja ($r = 0,79$), a pesar de ser una prueba específica para los jugadores de este deporte (Figura 2B). Es necesario que futuros trabajos establezcan el número mínimo de sesiones de valoración con el T-test, para conseguir una fiabilidad mayor ($R > 0,90$). En este sentido, se debe tener en cuenta que los tiempos en las pruebas de agilidad

se cronometraron manualmente y esto pudo haber afectado su fiabilidad. Sin embargo, se observa que la fiabilidad de las pruebas OBS y BUT fue muy alta en los practicantes de fútbol ($R > 0,99$), (Figura 2A), lo que hace pensar que el cronometraje manual no fue determinante. No obstante, futuros trabajos deberían emplear sistemas de cronometraje más precisos (ejemplo células fotoeléctricas), para medir la agilidad. Teóricamente, factores como la grasa del cuerpo y las

longitudes de segmentos corporales pueden contribuir al desempeño de la agilidad. Las opiniones han sido contradictorias y mientras unos autores han revelado que quienes rinden mejor en las pruebas de CODS de rugby y fútbol también tienden a tener menor grasa en el cuerpo (Gabbett, 2002; Meir *et al.* 2001; Reilly *et al.* 2000); otros autores han encontrado en jugadores de rugby una baja relación no significativa, entre ambas variables ($r = 0,21$) (Webb & Lander, 1983).

Tabla 1. Valores medios (Media±EEM) de las pruebas de agilidad (BUT, OBS y T-TEST), realizados por el lado derecho e izquierdo.

	Derecha	Izquierda
BUT	7,28±0,11	7,28±0,11
OBS	11,26±0,15	11,34±0,12
T-TEST	8,41±0,19	8,40±0,19

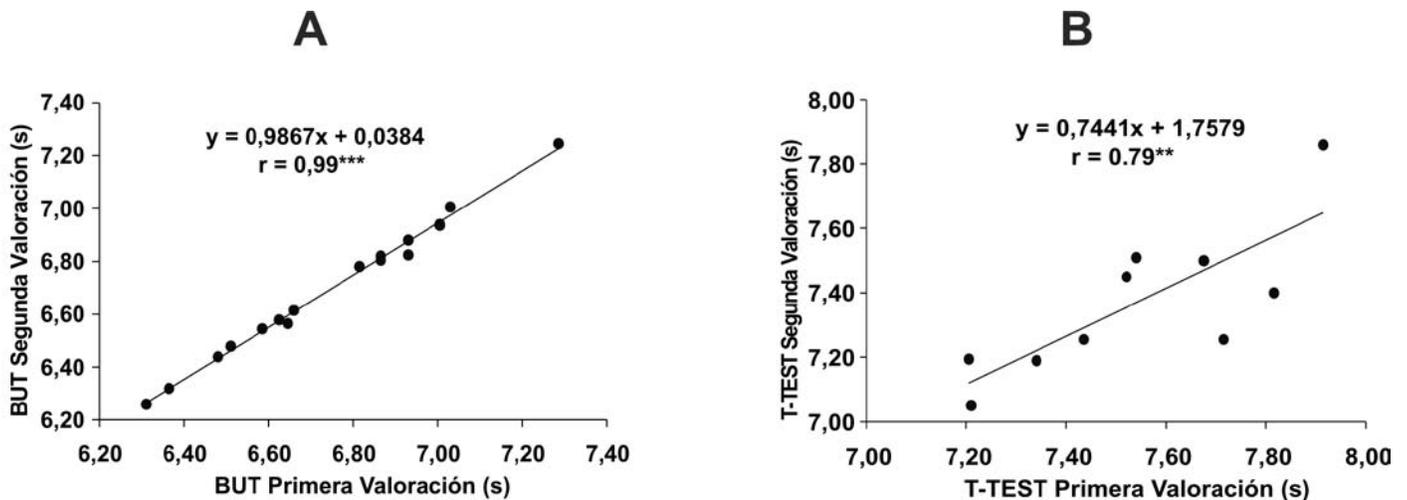
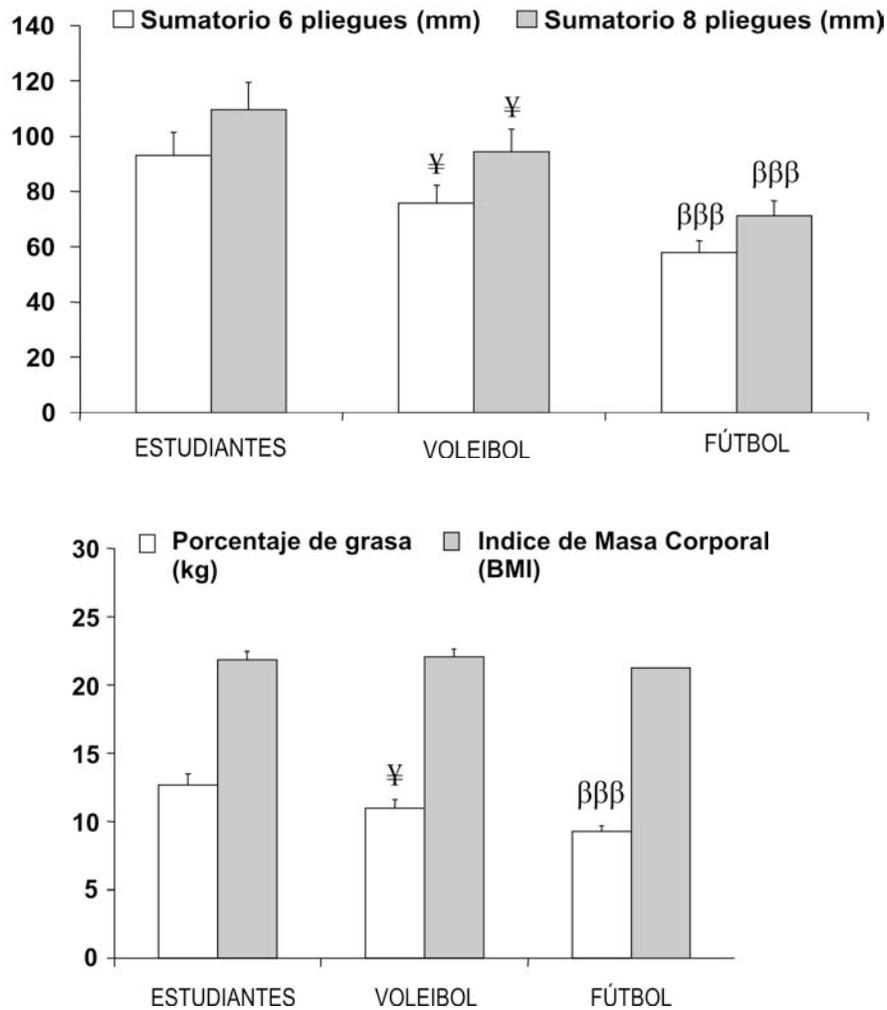


Figura 2. A. Correlación obtenida entre la primera y segunda valoración con el test BUT en practicantes de fútbol. Niveles de significación estadística: ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$. B. Diferencias entre la primera y segunda valoración con el T-TEST en practicantes de voleibol.

En el presente trabajo, no se encontraron relaciones entre las medidas de peso y talla y los resultados de las pruebas de agilidad; sin embargo, se hallaron relaciones entre el porcentaje de grasa y el rendimiento en dichas pruebas (Figura 3). Los sujetos con mayor grasa corporal tienden a rendir menos en las pruebas de agilidad. De hecho, incluso en un mismo equipo de élite (primera división de la liga española), estas capacidades se relacionaron negativamente con el porcentaje de grasa corporal (Villa *et al.* 2000), por lo tanto, es razonable

afirmar que la composición corporal afecta a la agilidad y a las cualidades asociadas a la misma, como son la velocidad y/o resistencia.

Concretamente, el compartimiento de grasa corporal afecta negativamente al rendimiento en agilidad. Existen pocas investigaciones que han correlacionado estas variables. En general, en varios trabajos de investigación, el índice de masa corporal (IMC) no es un buen indicador de sobrepeso o adiposidad. Así se ha descrito en varios



¥= diferencias estadísticamente significativas entre los practicantes de voleibol y de fútbol. β= diferencias estadísticamente significativas entre los estudiantes y los practicantes de fútbol. Niveles de significación estadística: ¥= p<0,05; βββ = p<0,001.

Figura 3. Diferencias encontradas entre los grupos en las sumatorias de seis y ocho pliegues cutáneos, el porcentaje de grasa corporal y el índice de masa corporal.

estudios, como el de Bouchard (2000), en su revisión sobre composición corporal una de las limitaciones del IMC, como las tablas de talla y de peso, fallan al considerar la proporción de la composición corporal o como el más importante componente en la distribución de la grasa corporal. Finalmente, entre la relación de la agilidad y la velocidad, a pesar de que la prueba de OBS es considerado como una prueba específica para estudiantes, éste mostró una relación altísima con la prueba de 30m, tanto con los estudiantes como con los practicantes de voleibol, por lo que, posiblemente,

no sea una prueba de agilidad y esté valorando también la velocidad. La prueba BÚT no se relacionó con la velocidad, como indica Buttifant *et al.* (2002) (Tabla 2). Con relación al T-test ocurrió algún problema ligado al aprendizaje de los jugadores de voleibol (baja correlación entre valoraciones 1 y 2) (Figura 2B). Estos resultados, en general, confirman anteriores hallazgos, donde la aceleración, la velocidad máxima y la agilidad son cualidades distintas y, por lo tanto, los criterios de su valoración deberían serlo.

Tabla 2. Correlaciones (Pearson) entre los tres tests de agilidad (BUT, OBS y T-TEST) y el test de velocidad de 30m. Niveles de significación estadística: ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

	OBS	T-TEST	30m
BUT	0,76**	0,75**	0,76**
OBS		0,76**	0,90***
T-TEST			0,71**

CONCLUSIONES

La validez de las pruebas de agilidad depende, en gran manera, del concepto de agilidad que se maneje y también de las características particulares de cada deporte. Este es el primer trabajo que demuestra, experimentalmente, que el rendimiento en una prueba de agilidad depende de la modalidad deportiva. Siguiendo la opinión de Buttifant *et al.* (2002), la única prueba de agilidad que ha resultado válida en la presente investigación es la prueba que lleva su nombre.

La fiabilidad de las pruebas ha sido muy alta para OBS y BUT, pero no aceptable para T-test. Es posible que esta prueba sea demasiado inespecífica, incluso para personas que no practican ninguna actividad deportiva. No obstante, todas las pruebas mostraron una tendencia a la mejora en la segunda valoración, por lo que futuros trabajos deberían establecer el número de sesiones de evaluación necesarias para considerar que el rendimiento de la prueba se ha estabilizado. Normalmente, se diseñan las pruebas de agilidad intentando simular los desplazamientos específicos de un deporte; sin embargo, muy pocos estudios demuestran, experimentalmente, que esa prueba sea específica para un deporte. En el presente estudio, se demostró que la prueba de BUT es más específica para los practicantes de fútbol, el T-test para los de voleibol, y la prueba de OBS ha resultado igual de inespecífica para todos los grupos analizados.

No se ha podido establecer una influencia de la dominancia lateral en la realización de las pruebas de agilidad por la derecha o por la izquierda y se puede deber a que no se hizo aleatorio este orden a la hora de ejecutar la prueba, pudiendo haber influido el "factor aprendizaje" de la misma.

La agilidad es un compendio de cualidades coordinativas y otras capacidades físicas básicas. Por su relación con

estas últimas, se ha mostrado sensible a la composición corporal de los sujetos evaluados, demostrándose en todos los grupos que un mayor componente graso deterioraron los resultados en las pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

- BADENHORST, E. 1998. 'n Keuringsmodel vir talentidentifisering by 16-jarige sokkerspelers. [A selection model for talent identification for 16-year-old soccer players. South Africa.] Master's thesis, North West Univ. 52p.
- BAKER, D. 1999. A comparison of running speed and quickness between elite professional and young rugby league players. *J. Strength Cond. Coach.* 7(3):3-7.
- BARNES, J.; SCHILLING, B.; FALVO, M.; WEISS, L. 2007. Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. *J. Strength Cond. Res.* 21(4):1192-1196.
- BARROW, H.; MCGEE, R. 1971. A practical approach to measurement in physical education. Philadelphia, PA: Lea & Febiger. p.175-178.
- BLOOMFIELD, J.; ACKLAND, T.R.; ELLIOT, B.C. 1994. Applied anatomy and biomechanics in sport. Melbourne, VIC: Blackwell Scientific. p.307-310.
- BOUCHARD, C. 2000. Interview composition, energy balance and weight control. *Human Kinetics (Champaign, IL) Cap 28*, p.752.
- BUTTIFANT, D.; GRAHAM, K.; CROSS, K. 1999. Agility and speed in soccer players are two different performance parameters. Paper presented at the

- Science and Football IV Conference, Sydney, NSW. p.809-811.
- BUTTIFANT, D.; GRAHAM, K.; CROSS, K. 2002. Agility and speed in soccer players are two different performance parameters. In: Science and Football IV. W.Spinks, ed. London: Routledge, p.329-332.
- DRAPER, J.A.; LANCASTER, M.G. 1985. The 505 test: a test for agility in the horizontal plane. *Austral. J. Science Medicine Sport.* 17(1):15-18.
- ESPARZA, F. 1993. Manual de cineantropometria. Madrid: FEMEDE. p.95-112.
- FARROW, D.; ABERNETHY, B.; JACKSON, R.C. 2005. Probing expert anticipation with the temporal occlusion paradigm: Experimental investigations of some methodological issues. *Motor Control.* 9:332-351.
- FERNÁNDEZ, I.; BAHAMON, J.; MÉNDEZ, D. 2006. Validación de un test de agilidad, adaptado a las características anatómico-fisiológicas y posibilidades motrices del niño en primaria apto para la valoración global de la capacidad motriz del alumno. *Rev. Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.* 15:1-14.
- GABBETT, T. 2002. Influence of physical characteristics on selection in a semi professional rugby league team: A case study. *J. Sports Sci.* 20:399-405.
- GABBETT, T.; GEORGIEFF, B.; ANDERSON, S.; COTTON, B. 2006. Changes in skill and physical fitness following training in talent- identified volleyball players. *J. Strength Cond. Res.* 20(1):29.
- GROSSER, M.; STARISCHKA, S. 1988. Test de la condición física. Ed.Martínez Roca. Barcelona. p.242-243.
- MARTÍNEZ, E.J.; ZAGALA, M.L.; LINARES, D. 2003. Las pruebas de aptitud física en la valoración de la condición física en la ESO. *Apuntes,* 71:8-13.
- MEIR, R.; NEWTON, R.; CURTIS, E.; FARDELL, M.; BUTLER, B. 2001. Physical fitness qualities of professional rugby league football players: Determination of positional differences. *J. Strength Cond. Res.* 15:450-458.
- MONROY, H. 1994. Influencia de la carga de entrenamiento físico sobre el desarrollo de las capacidades velocidad, agilidad y potencia de miembros inferiores en niños tenistas infantiles. (Universidad de Antioquia. ITF coaching. p.1-20.
- REILLY, T., WILLIAMS, A. M., NEVILL, A., Y FRANKS, A. 2000. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J. Sport Sci.* 18:695-702.
- SHEPPARD, J.; YOUNG, W. 2006. Agility literature review: Classifications, training and testing. (PreView article). *J. Sports Sci.* 24(1):1-14.
- TSITSKARSIS, G.; THEOHAROPOULOS, A.; GAREFIS, A. 2003. Speed, speed dribble and agility of male basketball players playing in different positions. *J. Human Movement Studies.* 45:21-30.
- VANDERFORD, M.L.; MEYERS, M.C.; SKELLY, W.; STEWART HAMILTON, K. 2004. Physiological and sport- specific skill response of olympic youth soccer athletes. *J. Strength Cond. Res.* 18(2):334-342.
- VESCOVI, J.D., BROWN, T.D., MURRAY, T.M. 2006. Positional characteristics of physical performance in division I college female soccer players. *J. Sport Med. Phys. Fitness.* 46(2):221-225.
- VILLA, J.G., GARCÍA, J., MORENO, C. 2000. Influencia de una pretemporada en el perfil cineantropométrico de futbolistas. *Arch. Medicina del Deporte.* 17(75):9-20.
- WEBB, P.; LANDER, J. 1983. An economical fitness testing battery for highschool and college rugby teams. *Sports Coach.* 7(3):44-46.
- YOUNG, W.B.; HAWKEN, M.; McDONALD, L. 1996. Relationship between speed, agility, and strength qualities in Australian rules football. *J. Strength Cond. Coach.* 4(4):3-6.
- YOUNG, W.B.; JAMES, R.; MONTGOMERY, I. 2002. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J. Sports Medicine and Phys. Fitness.* 43:282-288.

Recibido: Febrero 21 de 2008

Aceptado: Octubre 18 de 2008

¿LAS DIMENSIONES COMUNITARIAS Y EL CAPITAL SOCIAL SON DINAMIZADORES DEL NÚCLEO SALUD-AMBIENTE EN UNA UNIVERSIDAD EN BOGOTÁ?

ARE COMMUNITARIAN DIMENSIONS AND SOCIAL CAPITAL, PROMOTERS OF THE HEALTH-ENVIRONMENT NUCLEUS IN A UNIVERSITY IN BOGOTÁ?

Ricardo Duarte Bajaña ¹
Nelly Cáliz ²

RESUMEN

La posibilidad de construir y de consolidar grupos de trabajo académico en el contexto universitario es una tarea fundamental. El desarrollo de comunidades y de capital social permite que la producción de esos grupos se potencie, por lo tanto, resulta prioritario comprender la dinámica de esas categorías, evidenciando si su estructura posibilita trabajos grupales. El objetivo de esta investigación consistió en comprender las dimensiones comunitarias y el capital social, como elementos dinamizadores de un grupo de trabajo, en el núcleo Salud-Ambiente, dentro de una universidad en Bogotá, Colombia. Por medio de un enfoque cualitativo de tipo hermenéutico, se encuestó a 15 profesores del área de conocimiento en Ciencias de la Salud, entrevistas cualitativas a cinco docentes (dos dentro del grupo original, tres fuera de él), quienes desarrollaron trabajos en torno al núcleo temático de salud-ambiente, realizando una actividad colectiva de indagación y observación participante, a través de la metodología de grupo focal, cuyo objetivo era conocer las dinámicas de interacción entre

profesores del área de conocimiento en Ciencias de la Salud de la universidad y revisión de documentación académica producida por los docentes participantes de la investigación. Nada parece indicar que las dimensiones comunitarias y el capital social sean elementos dinamizadores de un grupo de trabajo en el núcleo salud-ambiente dentro de la institución. Sin embargo, la explicación de este hecho no se encuentra en el núcleo mencionado sino en los bajos niveles de desarrollo de las dimensiones comunitarias, como los dominios cognitivo y estructural propios del capital social.

Palabras clave: Capital social, comunidad, salud, ambiente, universidad, grupos de trabajo.

SUMMARY

The possibility of forming and consolidating academic work groups in the university context is a fundamental task. The development of communities and social capital allows to increase the potential production of these groups, being therefore essential to understand the dynamics of those categories to determine if its structure makes working groups possible. The objective of this research consisted in understanding the community dimensions and the social capital as dynamic elements of a work group in the Health-Environment nucleus within a University in Bogota, Colombia. By means of a qualitative approach survey of hermeneutic type, 15 professors from the Health Science area were interviewed, five

¹ Magíster en Bioética, Especialista en Comunicación - Educación, Licenciado en Educación Física. Docente instructor U.D.C.A. rduarte@udca.edu.co

² Magíster en Psicología Comunitaria. Enfermera. Docente instructor U.D.C.A. ncaliz@udca.edu.co
Dirección para correspondencia: Calle 222 N 54-37

additional qualitative interviews (two within the original group, three outside) were conducted with professors, who had investigated and written papers on this theme. A collective activity of inquiry, participative observation through the methodology of focal group, whose objective was to understand the dynamics of inter-action between professors of the Health Science Area of the university and to review the academic work produced by the educational participants of the investigation, was realized. Nothing seems to indicate that the communitarian dimensions and the social capital are elements which promote a work group in the nucleus health-atmosphere within the institution. Nevertheless, the explanation of this fact is not in the mentioned nucleus, but in the low levels of development of the community dimensions such as cognitive and structural dominions inherent to social capital.

Key words: Social capital, community, health, environment, university, work groups.

INTRODUCCIÓN

La posibilidad de construir y de consolidar grupos de trabajo académico en el contexto universitario es una tarea fundamental. El desarrollo de comunidades y de capital social permite que la producción de esos grupos se potencie. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue comprender las dimensiones comunitarias y el capital social, como elementos dinamizadores de un grupo de trabajo, en el núcleo Salud-Ambiente, dentro de una universidad en Bogotá. Para ello, se definieron las categorías de comunidad y de capital, como trazadores y ordenadores del proceso investigativo.

Comunidad: Una comunidad, se constituye en función de su dinámica interna, en cuanto a la fuerza de los vínculos, la cohesión, la consistencia interna, el reconocimiento de su misma existencia y de sus posibilidades, el sentido de pertenencia y la unidad de intereses (Castro *et al.* 1998). Teniendo en cuenta a Ander-Egg (1998), una comunidad es una agrupación o conjunto de personas que habitan un espacio geográfico delimitado y delimitable, cuyos miembros tienen conciencia de pertenencia o de identificación con algún símbolo local y que interaccionan entre sí más intensamente que en otro contexto, operando en redes de comunicación, intereses y apoyo mutuo, con el propósito de alcanzar determinados objetivos, satisfacer necesidades, resolver

problemas o desempeñar funciones sociales relevantes a nivel local.

La comunidad ha sido entendida como la etapa de la organización social que constituye un esfuerzo consciente por la población para controlar sus problemas y lograr mejores y mayores servicios (Lindeman, 1921), para lo cual, deben existir negociaciones y acuerdos entre quienes la configuran; en este sentido, una comunidad es una estructura de poder. Considerar una comunidad solamente como un grupo de personas que vive en cierto lugar de manera parecida, que tiene intereses en común y cuyas relaciones son básicamente agradables y armoniosas, no es real (Palacios, 1999).

En la medida en que una sociedad consigue reunir a varias comunidades en torno a objetivos y tareas comunes esta creando una comunidad de orden superior (Engelhardt, 1995). Este es un tema crucial en la universidad actual. La universidad George Mason diseñó un programa denominado “La Universidad vive”, cuyo objetivo fue mejorar el estado de la comunidad en el campus de la institución. Para ello desarrolló una serie de programas colaborativos entre áreas de la universidad, con el diseño de actividades más propositivas y dinámicas, que le brinden sentido a la comunidad. El sentido de pertenencia a la comunidad Mason, mejoró en cinco años, un 24%; el sentido de vida dentro del campus, un 23% y las experiencias gratificantes dentro de la institución 11% (Green *et al.* 2002).

Capital social: Atendiendo al concepto de comunidad como estructura de poder y de negociación y teniendo en cuenta que las personas que conviven en comunidades diversas tienden a lentificar los procesos colectivos (Putnam, 2007), se ha visto la pertinencia de recurrir al capital social definido desde su función. No es una entidad singular sino una variedad de diversas entidades, con dos elementos en común: están conformadas por algún aspecto de las estructuras sociales y facilitan ciertas acciones de los agentes, ya sean personas o agentes corporativos (Coleman, 1988). Por esta vía, la suma de los recursos reales o potenciales de una comunidad, se articulan con la consolidación de una red durable de relaciones, más o menos institucionalizadas, de conocimiento y de reconocimiento mutuo (Bourdieu, 1986). El capital social evidencia la calidad y la cantidad de relaciones sociales incrustadas dentro de las normas de interacción de una comunidad (Coleman, 1990). Así

mismo, depende del tamaño de las conexiones entre las redes que se puedan movilizar con eficacia, así como del volumen del capital (económico, cultural o simbólico) poseído en derecho por cada uno de los miembros (Putnam, 1993), permitiendo la formación de relaciones basadas en la mutualidad beneficiando y potencializando transformaciones recíprocas (Calabrese, 2006).

Aunque la confianza es el atributo dominante del capital social (Coleman, 1990), aspectos como la solidaridad, la participación y la generosidad también son parte del concepto (Carlson & Chamberlain, 2003). Existen dos dominios del capital social: el cognitivo, constituido por diferentes formas de actitudes, de valores, de creencias y de normas y, el estructural compuesto por comportamientos relacionados con toma de decisiones, comunicación, movilización de recursos y gestión dentro de conflictos (Uphoff, 2000).

En este sentido, la universidad del Norte de Texas creó una estrategia de formación de comunidades a partir del teatro. Este proceso permitió que los individuos comprendieran la importancia de vivir en relación con otros, lo cual, se logra teniendo una buena voluntad para reconocer la identidad individual y las interconexiones entre los miembros de un grupo, favoreciendo actitudes solidarias y críticas” (García, 1998).

Es necesario reconocer que el capital social de un grupo no puede ser extrapolado a otra comunidad, en este mismo sentido, la evidencia basada en individuos no se puede mezclar con la de poblaciones. Si bien, cada individuo o grupo de personas produce una información con una autoría, esa información debe trascender a los colectivos, generando mecanismos que posibiliten “el desarrollo de procesos de apropiación social del conocimiento que se debe convertir en bienes públicos” (Chaparro, 2003).

Tomando como base a Durkheim (1967) para quien la división de la labor en las sociedades genera un sistema en donde cada quien depende de alguien más, el capital social es entendido como los mecanismos que crean enlaces entre diferentes grupos desde la cima hasta la base de la escala social. Se ha llegado, incluso, a entender el capital social como las interacciones sociales horizontales, en donde se tiene en cuenta, entre otros factores, la cooperación y el beneficio mutuo. Sin em-

bargo, el capital social se puede generar también dentro de relaciones sociales verticales.

De lo anterior da cuenta el programa de diálogo y liderazgo intergrupual, coordinado por la oficina de relaciones humanas de la Universidad de Maryland. Este programa logró que los empleados de servicios generales y los asistentes administrativos que pertenecen a grupos étnicos no anglosajones (negros, latinos) establecieran puntos de encuentro común, desarrollando un auténtico diálogo intergrupual dentro del campus. Los niveles de agresión entre los grupos bajaron notablemente y se aumentó el interés de otros miembros de estos grupos por ingresar a las mesas de diálogo (Clark, 2003).

Teniendo en cuenta que el objetivo de esta investigación consistió en comprender las dimensiones comunitarias y el capital social como elementos dinamizadores de un grupo de trabajo en el núcleo Salud-Ambiente dentro de una universidad en Bogotá, Colombia, es prioritario hacer un esbozo del concepto de núcleo Salud-Ambiente.

Núcleo Salud-Ambiente: La salud hace referencia a la posibilidad real y concreta que tienen las personas para tener un desarrollo vital; este desarrollo está articulado a la dignidad que deben tener los sujetos para vivir y desarrollarse. Así mismo, la salud tiene una relación directa con el contexto específico en el que los sujetos viven y se desarrollen. La salud, por tanto, es un proceso vital en permanente construcción.

El segundo componente constitutivo del núcleo salud-Ambiente es, justamente, el ambiente. Este concepto, se entiende aquí como “la forma de representarnos el resultado de las interacciones entre el sistema biofísico y el sistema cultural que han implicado, históricamente, diferentes tipos de configuración estructural” (González, 1996), idea que implica la totalidad del mundo físico que rodea a cada ser o grupo humano, incluidas las entidades vivientes, los demás seres o grupos humanos y sus interrelaciones (Ordóñez, 2000). Bermúdez (2003) plantea que “el concepto de ambiente nos remite tanto al estudio de las leyes que rigen la estructura y el funcionamiento del ecosistema, como a la forma en que se establecen las relaciones sociales y la manera como interactúan estos dos sistemas”.

El trabajo y la producción del núcleo salud-ambiente, se orienta hacia las relaciones y las tensiones que se

establecen entre el ambiente y la salud en los términos planteados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación, se sitúa en el enfoque cualitativo de tipo hermenéutico, inscrito dentro del paradigma humanista, pues pone énfasis en la interpretación de los fenómenos particulares que acontecen en un contexto de tiempo y de espacio definido (Cárcamo, 2005), reconociendo la cotidianidad, como el lugar donde los individuos disponen de los objetos sociales, con los cuales, ellos interactúan, construyen y reconstruyen su realidad social y adquieren significado las acciones que dan curso a su vida (Berger & Luckmann, 2003).

Por el tipo de metodología utilizada, los resultados de este trabajo no tienen un carácter totalizante, ni universal. El análisis, en torno a la constitución de comunidad académica, se realizó en una institución de educación superior a partir de los productos académicos que los docentes generaron alrededor del núcleo salud-ambiente, durante los años 2000 a 2005 y las relaciones académicas y no académicas que establecen docentes con funciones de investigación y de extensión en este campo temático.

La investigación centra su atención en el capital social que se genera de esta comunidad académica, como la expresión concreta de un acumulado de conocimientos que también se constituyen en una acción e interacción social. Se tienen en cuenta, fundamentalmente, los procesos caracterizados por el lenguaje verbal y escrito, esencial en la comprensión de la realidad de la vida cotidiana, constituyéndose en el depósito objetivo de vastas acumulaciones de significado y de experiencias (Berger & Luckmann, 2003). Se incluyen los procesos vivenciados por los investigadores quienes son parte y producto de los problemas que se estudian (Bonilla & Rodríguez, 1997).

Dentro de la investigación se implicaron, inicialmente, a los docentes con contrato laboral del área de ciencias de la salud, conformada por las facultades de Enfermería, Ciencias del Deporte, Medicina Veterinaria y Medicina Humana, asumiendo que, por el carácter ambientalista de la universidad y el área de conocimiento en el cual participaban, tendrían trabajos dentro de núcleo salud-ambiente. Ellos fueron convocados por medio de las de-

canaturas para responder la encuesta y participar dentro del grupo focal. La asistencia fue de 15 profesores.

Teniendo en cuenta que solo dos de esos profesores tenían trabajos en torno al núcleo salud-ambiente, se tomó la decisión de ampliar el grupo participante hacia otras áreas del conocimiento, continuando con el criterio de inclusión. El procedimiento que se siguió fue revisar los programas analíticos de los cursos académicos orientados por los docentes, publicaciones e informes de proyectos de extensión. De esta búsqueda, se seleccionaron dos profesores más, una docente de Zootecnia y una docente en Ciencias Básicas Sociales y Humanas, con producción académica relacionada con el núcleo salud-ambiente. Dentro de la revisión, se encontró que una profesora perteneciente a la facultad de salud tenía trabajos en el núcleo, pero con contrato de cátedra. Teniendo en cuenta la reducida cantidad de docentes incluidos en la investigación, se decidió vincularla. Estos cinco profesores participaron en una entrevista semiestructurada.

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información fueron:

- Encuesta (Cuadro 1), con el propósito de establecer la existencia o no de interacciones entre carreras, vinculación con la universidad y sentido de pertenencia e identidad con la misma. Vale la pena precisar que para esta investigación, se tuvieron en cuenta solamente las respuestas que los profesores dieron a ocho preguntas de la encuesta realizada. Estas preguntas fueron las más resaltables al momento de realizar el análisis hermenéutico de los datos.
- Actividad colectiva de indagación y de observación participante, a través de la metodología de grupo focal.
- Revisión de documentación académica producida por los docentes participantes de la investigación.
- Entrevistas semiestructuradas realizadas a cinco docentes, quienes han desarrollado trabajos en torno al núcleo temático definido.

La categorización y la organización de los datos, se llevó a cabo acorde a las categorías deductivas establecidas por los investigadores y de manera detallada, según subcategorías inductivas que surgieron del trabajo de

Cuadro 1: Encuesta aplicada

1. Carrera a la cual esta vinculado
2. Facultad a la cual esta vinculado
3. Tiempo de vinculación a la Universidad (en meses)
4. ¿Cuál es su carga académica semanal? (en horas)
5. De su carga, ¿cuánto tiempo semanal se encuentra en el campus universitario? (en horas)
6. En total, ¿cuánto tiempo semestral se encuentra en el campus universitario? (en horas)
7. ¿Qué tipo de actividades académicas realiza usted al interior del Área de Ciencias de la Salud y con qué facultades?
8. ¿Qué tipo de actividades no académicas realiza usted al interior del Área de Ciencias de la Salud y con qué facultades? Como docente de la universidad usted:
9. ¿Participa de Procesos de capacitación y mejoramiento pedagógico (talleres, cursos, y otras.) ofrecidos por la U.D.C.A?, ¿por qué?
10. ¿Participa de espacios pedagógicos, con docentes de la Facultad de Ciencias de la Salud para el análisis, discusión y mejoramiento de las prácticas pedagógicas en su área del conocimiento?, ¿por qué?
11. ¿Diseña un programa analítico de su curso académico antes de iniciar el semestre?
12. ¿Se siente identificado (a) con el área de ciencias de la salud?, ¿por qué?
13. ¿Participa en actividades que involucren el Desarrollo Humano Sostenible al interior del Área de Ciencias de la Salud?, ¿cuáles?

campo. La interpretación y la discusión de los mismos, se realizó desde el marco de referencia construido para la investigación. Las categorías identificadas fueron: comunidad y capital social. En cada una de ellas se presentan los hallazgos más relevantes que responden al propósito de la misma. Los resultados, se muestran de forma detallada así: para la categoría de comunidad, las subcategorías identificadas fueron: espacio geográfico y mental, interacción, conciencia de pertenencia y redes de comunicación. Con relación a la categoría de capital social, los resultados se organizan atendiendo a la cantidad y la calidad de relaciones, las acciones de los participantes, la confianza de los profesores para la conformación de grupos, la negociación y la motivación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidad: En el marco del concepto de comunidad académica o comunidad universitaria, como se denomina a los diferentes estamentos de la Universidad, los docentes participantes permiten evidenciar que existen diferentes agrupaciones de personas (Ander-Egg, 1998), reunidas a partir de los intereses propios de cada

facultad. Los vínculos, la cohesión entre estos grupos, la consistencia interna, el reconocimiento de su misma existencia y de sus posibilidades, el sentido de pertenencia y la unidad de intereses entre los mismos (Castro *et al.* 1998), a un nivel de relación inter-facultades, es reducida; este aspecto genera que algunas dimensiones comunitarias (Ander-Egg, 1998) no alcancen un desarrollo que pueda expresar una organización social que integre dinámicas a un nivel de comunidad académica o universitaria.

Pese a que en la estructura administrativa de la universidad existen diversos escenarios de encuentro, como los Consejos de Área, Consejos de Facultad, Consejo Académico, Consejo Directivo, Comité de Evaluación Promoción y Clasificación Docente, Comité de Bienestar Social Universitario, entre otros, con representación de profesores, los participantes perciben que la falta de una política institucional, espacios administrativos y físicos, limita la conformación de grupos de trabajo, en torno al núcleo en salud-ambiente. Uno de los profesores participantes sostiene que “es imprescindible que las propuestas (que hacen los mismos profesores para la

conformación de grupos de trabajo) tengan una iniciativa institucional, ya que si no está el directivo, los productos no valen, se requiere de políticas institucionales". No obstante, el rector y los vicedecanos manifiestan que la conformación de grupos parte de la autonomía de los docentes.

Los profesores entrevistados plantean que en de la universidad la comunidad se constituye dentro de espacios informales y que, si bien existe una planeación académica, ésta no es un facilitador para constituir comunidad. Uno de los participantes plantea: "en la universidad los espacios de creación son informales, faltan espacios formales de encuentro colectivo". Al respecto es importante reconocer que la comunidad, sujeto de esta investigación, no corresponde a un territorio geográfico (Ander Egg, 1998) ni está constituida por una unidad de intereses (Castro *et al.* 1998) o, como lo plantea Lindeman (1921), resultado de un esfuerzo consciente por parte de la población para controlar sus problemas y lograr mayores y mejores servicios.

Los mismos profesionales, se incorporan y se relacionan, inicialmente, como empleados con interés y objetivos particulares, en el marco de una institucionalidad que ellos mismos reclaman para asociarse. Es en este sentido, algunas dimensiones comunitarias, como la búsqueda de objetivos comunes, la intensidad de la interacción, las redes de comunicación y el sentido de pertenencia a los grupos de trabajo, no se vivencien plenamente.

Un elemento relevante que los profesores resaltan es la importancia de la amistad y de las relaciones personales, como aspecto fundamental, para conformar grupos de trabajo, caracterizados por procesos propios del capital social, como lo son la confianza, la amistad, la solidaridad y la generosidad (Coleman, 1990; Carlson & Chamberlain, 2003). Concretamente algunos profesores sostienen que "la amistad es fundamental para iniciar grupos de trabajo dentro de la universidad, así como proyectos de investigación". En este orden de ideas, algunos profesores participantes, quienes logran vínculos con docentes de otras facultades, lo hacen informalmente y, en primera instancia, por causas más personales que académicas.

La existencia de una asociación de individuos en donde se establezcan negociaciones y acuerdos entre ellos (Lindeman, 1921), favoreciendo la configuración de

una comunidad universitaria, es muy débil dentro de los profesores participantes en esta investigación. Es posible que esta dinámica asociativa no se presente, debido a que los individuos se asumen como empleados sin una perspectiva de visiones e intereses profesionales y personales compartidos, como se señaló anteriormente. Es más fuerte el trabajo individual que el trabajo colectivo de los profesores, sobre todo en la práctica docente, aun cuando la institución estipula funciones sustantivas, como la investigación y la extensión. Sin embargo, se evidencia en los docentes una fuerte intención de agruparse minimizada por su percepción de la existencia de una tensión entre gobierno y profesores.

En la actividad realizada a partir del grupo focal, se observa que los docentes participantes organizan el espacio territorial y la interacción inicial en subgrupos específicos y delimitados, por la carrera donde laboran. Las personas que se agrupan entre sí hacen parte de la misma facultad y algunas manifiestan, verbalmente, que no se conocen con otros profesores participantes, lo que genera silencio y tensión antes de iniciar la actividad. Así mismo, las posturas corporales y poca participación al iniciar el grupo focal evidencian una asistencia por obligatoriedad. La participación de los docentes en esta actividad de construcción colectiva está supeditada al tipo de contratación, es así como los profesores que en el momento de realizar la actividad tenían un contrato de tres cuartos de tiempo, una vez se cumple este horario, no se encontraban disponibles para participar.

Dentro del grupo de profesores participantes, la existencia de un objetivo consensuado parece ser un predictor para la configuración inicial de comunidad, hecho que puede facilitar la interacción entre los agentes (Coleman, 1988). El trabajo de campo mostró que, cuando los vínculos entre los agentes ocurren en el plano académico, la relación de los miembros es de carácter utilitario, es decir, el interés se centra en cumplir un objetivo. Para los docentes participantes de la investigación, al parecer, la necesidad de un objetivo y un propósito común que convoque y dinamice grupos de trabajo, es una necesidad sentida, estos elementos aparecen como un horizonte de sentido, en torno, al cual, la dinámica individual trasciende hacia un sujeto colectivo (Castro *et al.* 1998), como posibilidad de potenciar los procesos y las dinámicas institucionales hacia un compromiso con la sociedad, además, de posibilitar la construcción de

un sentido de pertenencia hacia la institución y grupo del cual se hace parte.

En contraste, en cuanto al sentido de pertenencia (Ander-Egg, 1998), se encontró que de los quince profesores encuestados, pertenecientes a la facultad de Ciencias de la Salud, nueve no sentían ninguna identificación con la facultad; los seis restantes, sí sentían algún tipo de identificación, pero por aspectos tan diversos, como el modelo pedagógico que fundamenta a la institución o el área de conocimiento propio de la facultad donde se trabaja. En este sentido, tres de los profesores encuestados, se identifican con el enfoque constructivista para la formación del estudiante, dos con el deporte y uno con el compromiso educativo que fundamenta a la institución.

Específicamente, en el caso del núcleo salud-ambiente, los profesores manifiestan un fuerte interés por conformar grupos en torno al desarrollo humano sostenible en aspectos como: “seguridad agro-alimentaria, humedales, protección del aire, cuencas hidrográficas, erosión, páramos, población desplazada y vivienda insalubre”. Temáticas en este sentido son abordadas dentro de los Programas de Gestión Ambiental y Proyectos Ambientales contenidos en el Programa Ambiental Institucional (P.A.I.), de la Universidad.

De los 15 profesores encuestados, 13 no tienen interacción con docentes de otras facultades, dos sí interactúan en actividades de docencia e investigación en el núcleo temático salud-ambiente y ninguno interactúa en escenarios extracurriculares. Las entrevistas evidencian relaciones más de orden personal que institucional: “la relación que tenemos se da debido a afinidades personales, políticas y sociales orientadas a un cambio de actitud de los estudiantes y profesionales vinculados a la facultad; esta transformación busca privilegiar al ser humano”.

Los profesores entrevistados manifiestan que por las características propias de la institución o de algunas carreras no es posible trabajar en grupo: “no es posible realizar trabajos en equipo, ya que existe disociación administrativa y operativa que estructura la función de las personas, los espacios, los tiempos y los recursos económicos como procesos virtuales, no reales”.

Se evidencia una fuerte práctica docente, en la cual, los profesores trabajan de manera aislada. Se hallaron

siete programas analíticos correspondientes a cursos académicos relacionados con el núcleo salud-ambiente, todos ellos pertenecientes a la carrera de Medicina humana. Seis profesores orientan estos cursos, de los cuales, uno es del área de ciencias básicas, sociales y humanas. De los artículos revisados, uno de ellos, realizado por una profesora de la facultad de Medicina Veterinaria, tiene relación con el núcleo salud-ambiente. Así mismo, de las investigaciones examinadas, se encontró una relacionada con el núcleo mencionado, realizada por cinco docentes de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Los profesores entrevistados evidencian fracturas en las redes de comunicación de la universidad: “existe dificultad para poner de acuerdo a los docentes y a los decanos. Hace falta voluntad política, comunicación, recursos...”

Capital social: Los docentes manifiestan que existen intenciones para conformar grupos de trabajo. Así mismo, exponen la existencia de necesidades en áreas académicas que exigen un desarrollo multidisciplinar: “Existe mucho potencial en varios temas si se quiere consolidar un núcleo salud-ambiente, por ejemplo, Sibaté, seguridad agro-alimentaria..., población desplazada”, “... pueden ser el ambiente de la universidad, no solo en términos físicos sino las relaciones, la comunicación dentro de la universidad... desde un enfoque social participativo... necesidades reales con las comunidades que la universidad trabaja.” En este sentido, la institución desarrolla Programas de Gestión Ambiental y Proyectos Ambientales en el marco del P.A.I.; uno de estos proyectos es la Construcción de Cultura Ciudadana y Ambiental al interior de la institución.

No obstante este gran potencial temático en las encuestas, se identificó que, en cuanto a la cantidad y calidad de relaciones, de los 15 docentes, uno participa en docencia dentro de otra facultad con una temática distinta al centro de interés de esta investigación. De la revisión documental, se encontró que tres trabajan, de manera aislada, el núcleo temático salud-ambiente y solo dos profesores, pertenecientes a diferentes facultades, realizan una investigación conjunta al respecto. Durante las entrevistas algunos docentes manifestaron que “las carreras de ciencias de la salud se dedican a tareas muy particulares, Enfermería no investiga en ambiente al igual que Ciencias del Deporte. En Medicina solo una docente se dedicada a ese tema. Además, las carreras de la facultad no han tenido conexión a su interior”.

Teniendo en cuenta la confianza (Coleman, 1990), como mediadora de las relaciones entre los sujetos a la hora de conformar grupos de trabajo, en el grupo focal se observó que esta subcategoría, dentro de los docentes, tuvo un comportamiento progresivo, relacionado directamente con el propósito de la actividad, cuanto más competitividad y más pertenencia con el grupo de trabajo, aunque no sea de la misma facultad, se observó un incremento en el nivel de confianza. Las acciones de los participantes, la negociación y la motivación dependieron, además, del objetivo y del método creado por el grupo para lograr el objetivo con éxito. Ese método fue compartido, reconocido y defendido por los docentes que lo habían creado.

En las entrevistas, los docentes manifiestan que la posibilidad de conformar equipos que trabajen en torno a núcleos multidisciplinares es muy baja, debido a que dentro de la institución el docente es visto como una máquina de trabajo descuidándose sus dimensiones socio-sicológicas: "en la Universidad se ve al docente como una máquina para hacer docencia y se descuida el análisis de sus relaciones, afectos, emociones, aspectos importantes para poder crear grupos". Según los profesores, ésta es una de las barreras que restringe la posibilidad de relación. Sin embargo, dentro de las funciones sustantivas de la universidad, contenidas en el Proyecto Educativo Institucional (P.E.I.), se plantean, además de la docencia, otras funciones sustantivas para que el docente, autónomamente, conforme grupos de trabajo: la investigación y la extensión.

También es importante resaltar que los participantes manifiestan no encontrar un respaldo administrativo e institucional frente a sus intereses asociativos y organizativos, lo cual, podría indicar un grado de dependencia de los mismos hacia el cuerpo directivo y, por tanto, debilidades en la construcción de confianza (Coleman, 1990), autonomía, acuerdos y negociaciones (Lindeman, 1921), como elementos importantes para la constitución de comunidad y capital social al interior de la institución. Por otro lado, Castro *et al.* (1998) plantean que una comunidad es una estructura construida no desde miradas externas sino más bien en su dinámica interna, por ello llama la atención la necesidad que manifiestan los docentes en cuanto a una política institucional que promueva el trabajo colectivo.

El argumento de los profesores participantes, según el cual las carreras pertenecientes a la Facultad de

Ciencias de la Salud no adelantan proyectos, programas o actividades multidisciplinares y el hecho de que la cantidad y la calidad de relaciones sean muy bajas pone de manifiesto que una característica fundamental del capital social, el tamaño de las conexiones entre las redes que se puedan movilizar con eficacia (Putnam, 1993), es reducido. Sin embargo, los docentes exponen la necesidad de un desarrollo multidisciplinar en áreas académicas que lo exigen. Estas relaciones multidisciplinares no se construyen, entre otras razones, porque los docentes perciben una ruptura entre los profesores y una administración que no confía en el maestro y que por el contrario, planea, vigila y controla.

No obstante, en la actividad de grupo focal, se observó un comportamiento progresivo de la confianza, relacionado directamente con el propósito de las actividades y con la competitividad de las mismas. Estos objetivos, al ser apropiados por los grupos, se convierten en bienes públicos (Chaparro, 2003), que podrían potenciar el capital social dentro de la institución.

CONCLUSIONES

La investigación muestra que prima más el trabajo individual que colectivo, mayor integración al interior de las facultades y un bajo nivel de agrupación y trabajo conjunto, entre docentes de distintas facultades. Este último, se expresa por un reducido sentido de pertenencia hacia espacios más interdisciplinares e institucionales, poca intensidad en las interacciones y la falta de intereses y objetivos comunes. Dicha situación esta originada desde el contexto investigativo por la ausencia de políticas y de prácticas institucionales que favorezcan este tipo de trabajo y una débil autonomía por parte de los profesores en proponer, argumentar y sostener iniciativas al respecto.

El capital social, como un elemento inserto dentro de la dinámica comunitaria que expresa la cantidad y la calidad de las relaciones, esta minimizado por relaciones de desconfianza, de vigilancia y de control entre directivos y docentes, situación que dificulta la construcción de comunidad académica.

En el ejercicio de conformar y de consolidar grupos de trabajo en torno al núcleo temático salud-ambiente o cualquier otra temática de interés académico, los profesores resaltan la importancia de los vínculos afectivos

y las relaciones personales sustentadas en la confianza, la amistad, la solidaridad y la generosidad, elementos constitutivos del capital social, al igual que el establecimiento de objetivos y de propósitos comunes. La conformación y la consolidación de una comunidad académica requiere además de los aspectos resaltados anteriormente, la participación de docentes y de directivos en relaciones que promuevan su acercamiento y reconocimiento mutuo.

Por último, nada parece indicar que las dimensiones comunitarias y el capital social sean elementos que dinamicen un grupo de trabajo en el núcleo salud-ambiente dentro del grupo de profesores participantes en esta investigación. Sin embargo, la explicación de este hecho no se encuentra en el núcleo mencionado sino, en términos de capital social, en los bajos niveles de los dominios cognitivo y estructural dentro de los profesores participantes.

RECOMENDACIONES

Para la consolidación de una comunidad académica en esta universidad, docentes y directivos están en el deber de reflexionar, de comprender y de trabajar sobre la manera de establecer relaciones sociales, sustentadas en los principios de la confianza y reconocimiento mutuo, además de generar espacios de encuentro colectivo que permitan visibilizar centros de interés común que, progresivamente, confluyan en objetivos de trabajo conjunto. Si bien es cierto que las relaciones de horizontalidad promueven en mayor medida la construcción de confianza es necesario que directivos y docentes, en el marco de las jerarquías existentes, construyan acuerdos que posibiliten la construcción de confianza y, por tanto, genere condiciones para la formulación de políticas y de procedimientos administrativos que promuevan el trabajo interdisciplinario, inter-facultades e inter-áreas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDER-EGG, E. 1998. Metodología y práctica del desarrollo de la comunidad. Ed. Lumen-Humanitas (Argentina). p.27.
- BERMÚDEZ, O.M. 2003. Cultura y Ambiente. La Educación Ambiental, Contexto y Perspectivas. Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales IDEA. (Bogotá). 156p.
- BERGER, P.; LUCKMANN, T. 2003. La construcción social de la realidad. Ed. Amorrortu (Buenos Aires). 233p.
- BONILLA, E.; RODRÍGUEZ, P. 1997. Más allá del dilema de los métodos. Ed. Norma (Colombia). 220p.
- BOURDIEU, P. 1986. The forms of capital. En: Richardson, J. (ed.), Handbook of theory and research for the sociology of education. Greenwood Press (New York). p.241-258
- CALABRESE, R. 2006. Building social capital through the use of an appreciative inquiry theoretical perspective in a school and university partnership. International J. Educ. Management. 20(3):173-182
- CÁRCAMO, H. 2005. Hermenéutica y Análisis Cualitativo. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales. N° 23. Disponible desde Internet en <http://www.moebio.uchile.cl/23/carcamo.htm> (con acceso 01/07/08).
- CARLSON, E.; CHAMBERLAIN, R. 2003. Social capital, health, and health disparities. J. Nursing Scholarship. 35:325-331.
- CASTRO, M., DOMÍNGUEZ, M.; SÁNCHEZ, Y. 1998. Psicología, Educación y Comunidad, Ed. Almodena (Bogotá). 286p.
- CLARK, C. 2003. Building Authentic Intergroup Dialogue on Campus: Living a Commitment to Shared Governance and Career Path Development through the Full Inclusion of All Members of the University Community. Multicultural Education. 11(2):55-58.
- COLEMAN, J.S. 1990. Foundations of social theory. Belknap Press of Harvard University Press (Cambridge). 993p.
- COLEMAN, J.S. 1988. Social Capital in the Creation of Human Capital. Am. J. Sociology (Chicago). 94:95-120.
- CHAPARRO, F. 2003. Apropiación Social del Conocimiento, Aprendizaje y Capital Social. Simposio Internacional sobre Ciencia y Sociedad. Universidad de Antioquia (Medellín), 14p.

- DURKHEIM, E. 1967. La división del trabajo social. Ed. Schapire (Buenos Aires), 346p.
- ENGELHARDT, T. 1995. Los fundamentos de la bioética, Ed. Paidós (Barcelona). 545p.
- GARCÍA, L. 1998. Creating community in a university production of Bocon! Research in Drama Education, University of North Texas, 3(2):155-166.
- GREEN, R.; KIDD, M.; WALTER, R. 2002. A best practice model for building community: The university life programming committee. College Student Affairs J. 22(1):83-92.
- GONZÁLEZ, F. 1996. Ambiente y desarrollo, reflexiones acerca de la relación entre los conceptos: Ecosistema, Cultura y Desarrollo. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo. 1(1):109.
- LINDEMAN, E.C. 1921. The Community: an introduction to the study of community. Associated Press (New York). 222p.
- ORDÓÑEZ, G. 2000. Salud ambiental: conceptos y actividades. Revista Panamericana de Salud Pública. 7(3):137-147.
- PALACIOS, N. 1999. Organización y trabajo comunitario. En: Organización y promoción de la comunidad, Ed. El Buho (Bogotá). p.209-222.
- PUTNAM, R. 2007. E Pluribus Unum: Diversity and Community in the Twenty-first Century. Scandinavian Political Studies 30(2):137-174.
- PUTNAM, R.D. 1993. Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy. Princeton University Press. 258p.
- UPHOFF, N. 2000. Understanding social capital: Learning from the analysis and experience of participation. En: Dasgupta, P.; Serageldin, I. (Eds.), Social capital: A multifaceted perspective. The World Bank (Washington D.C.). p.215-249.

Recibido: Abril 22 de 2008

Aceptado: Octubre 15 de 2008

DESARROLLO DE UN PROGRAMA PILOTO DE FARMACOVIGILANCIA EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE ZIPAQUIRÁ

DEVELOPMENT OF A PHARMACOVIGILANCE PILOT PROGRAM IN THE SAN JUAN DE DIOS HOSPITAL OF ZIPAQUIRA

Gabriel Tribiño E.¹

RESUMEN

Los programas hospitalarios de farmacovigilancia son indispensables para la consolidación de un programa nacional y para el mejoramiento continuo de la calidad de la atención hospitalaria. El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un programa piloto en un hospital de segundo nivel y caracterizar las reacciones adversas detectadas. El programa se presentó ante el Comité de Vigilancia Epidemiológica y los profesionales de los servicios incluidos (medicina interna, cirugía, ginecoobstetricia y urgencias). La información, se recolectó mediante notificación espontánea suministrada por profesionales del hospital y seguimiento intensivo por parte del investigador durante un período de seis meses (marzo-septiembre de 2006), empleando un formulario basado en el formato de reporte del INIVIMA. Se elaboraron reportes que se discutieron periódicamente en el comité. Se detectaron 60 reacciones adversas, de los cuales 48 ocurrieron en pacientes hospitalizados (incidencia acumulada 19x1000); ocho causaron la hospitalización del paciente y cuatro se detectaron en el servicio de urgencias. Las reacciones adversas a nivel gastrointestinal fueron las más reportadas en pacientes hospitalizados (27%). La hipoglicemia fue la reacción adversa que con mayor frecuencia causó hospitalización

(62,5%). El 82% de los eventos adversos fueron reportados por el investigador y el 18% por personal del hospital. Algunas de las características clínicas de las reacciones adversas detectadas son similares a las reportadas en estudios realizados en instituciones de tercer nivel. El índice de notificación espontánea fue bajo. Las características del programa, se adaptan a las condiciones de una institución de segundo nivel y permiten su continuidad.

Palabras clave: Farmacoepidemiología, efectos adversos, vigilancia epidemiológica, proyectos piloto, hospitales públicos.

SUMMARY

Pharmacovigilance hospital programs play a key role in the consolidation of a national program and the continuous improvement of health care. The goal of this study was to develop a pharmacovigilance pilot program in a level two hospital and identify the salient clinical features of the adverse reactions detected. The program was presented before the hospital's Epidemiologic Surveillance Committee and the professionals of the wards included (internal medicine, surgery, obstetrics and gynecology and emergency). Information was collected by spontaneous reporting by the medical staff and intensive follow-up, carried out by the researcher during a six month period (march-september 2006). A format based on the INVIMA reporting sheet was used. Reports presented periodically to the committee were produced. Sixty adverse drug reactions were detected, of which 48 occurred in hospitalized patients

¹ MD, MSc. Farmacología, Especialista en Docencia Universitaria. Docente Facultad de Medicina Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A. Dirección para correspondencia: Calle 222 No. 55-37, Bogotá, D.C. gtrivino@udca.edu.co

(incidence 19X1000); eight led to hospitalization and four were detected in the emergency ward. Adverse reactions affecting gastrointestinal system were the most frequent ones reported in hospitalized patients (27%). Hypoglycemia was the adverse reaction that more often led to hospitalization (62.5%). 82% of the adverse reactions were reported by the author and 18% by the medical staff. Some of the clinical features of the adverse reactions detected are similar to those found in studies performed at level three hospitals. The rate of spontaneous notification was low. The features of the program match those of a second level hospital and allow its continuity.

Key words: Pharmacoepidemiology, adverse effects, epidemiologic surveillance, pilot projects, hospitals, public.

INTRODUCCIÓN

Los medicamentos han sido factor clave en la erradicación o el control de ciertas enfermedades, en el bienestar general de la población y en el incremento en la esperanza de vida (Segura & Maldonado, 2003). A pesar de estos beneficios, no es posible desconocer que ellos producen efectos adversos, incluso, cuando se usan correctamente. Desde el Proyecto Colaborativo de Vigilancia de Medicamentos de Boston, a comienzos de la década de 1970, las reacciones adversas a medicamentos (RAMs), se han reconocido como un problema clínico frecuente y una causa importante de morbilidad (Pirmohamed *et al.* 1999). Diversas publicaciones han demostrado que las RAMs afectan una proporción importante de pacientes hospitalizados y son responsables de un número considerable de hospitalizaciones y muertes anualmente (Johnson & Bootman, 1995; Lazarou *et al.* 1998; Ajayi *et al.* 2000). Además, incrementan en forma considerable los costos de la atención en salud (Segura & Maldonado, 2003). Lo anterior evidencia la necesidad de establecer programas operativos de farmacovigilancia vinculados con el quehacer cotidiano de las instituciones de salud. De hecho, la resolución 1403 de 2007 del Ministerio de Protección Social señala que “las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud y las Empresas Administradoras de Planes de Beneficios, deberán contar con un programa institucional de Farmacovigilancia, con una perspectiva especialmente clínica/individual que permita establecer y prevenir problemas relacionados

con la indicación, efectividad y seguridad de los medicamentos”. En Colombia, el desarrollo de tales programas, se ha dificultado por el desconocimiento de los objetivos, métodos y alcances de la farmacovigilancia y por la falta de interés de las instituciones y profesionales de la salud.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un programa piloto de farmacovigilancia en una institución de segundo nivel, con características que permitieran el establecimiento de un programa definitivo, identificando, además, las principales características clínicas de las reacciones adversas detectadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población de estudio: El estudio, se llevó a cabo en el Hospital San Juan de Dios de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia), un hospital del Estado que cuenta con 116 camas. Se incluyeron los pacientes hospitalizados en los servicios de medicina interna, cirugía y ginecoobstetricia, así como los atendidos en el servicio de urgencias (pacientes atendidos en consulta y en sala de observación), durante un periodo de seis meses (marzo primero a septiembre primero de 2006). También se incluyeron pacientes hospitalizados por causa de una RAM. Durante el período de estudio, se hospitalizaron 2.504 pacientes en los servicios mencionados, mientras que se atendieron 13.187 pacientes en el servicio de urgencias.

Presentación y sensibilización: El proyecto fue revisado por el Comité de Vigilancia Epidemiológica (COVE); cabe anotar que la institución donde se desarrolló el estudio no cuenta con comité de farmacia y terapéutica ni con comité de ética. Posteriormente, se realizó una presentación ante los integrantes del comité para precisar algunos aspectos referentes a la operatividad del programa y al formato de reporte de eventos adversos: se acordó que los formatos de reporte quedarían en las estaciones de enfermería de los servicios participantes; la enfermera del comité sería la encargada de la provisión de los formatos de reporte y el acopio de los ya diligenciados, para lo cual, se desplazaría a los diferentes servicios tres veces por semana; bimensualmente, se presentaría ante el COVE un consolidado de los datos obtenidos para efectuar el análisis correspondiente, evaluar la operatividad del programa y tomar las medidas pertinentes; se podrían realizar reuniones extraordinarias si la situación lo ameritaba (RAMs serias o frecuentes); se

realizaron algunas modificaciones al formato de reporte original, para facilitar su diligenciamiento por parte del personal del hospital y, por último, se acordó que el investigador elaboraría al tercer y al sexto mes, con fines de retroalimentación, dos boletines informativos sobre las RAMs detectadas y la operatividad del programa, dirigidos a los profesionales del hospital y se presentarían durante la entrega general de turno y se fijarían en las carteleras de la institución.

Luego de esta presentación ante el COVE, se realizó una sesión de sensibilización, en la cual, se contó con la presencia de los médicos de planta, los médicos internos y las enfermeras de los servicios participantes. Los objetivos de esta sesión fueron resaltar la importancia de la farmacovigilancia, precisar los conceptos de evento adverso y reacción adversa a medicamento y explicar el funcionamiento general del programa piloto haciendo énfasis en la importancia de la participación de los profesionales de la salud y la manera de diligenciar el formato de reporte.

Definición de caso: Para detectar las reacciones adversas, se empleó una estrategia pasiva y una activa. La pasiva, se basó en el reporte espontáneo de los eventos adversos por parte de los profesionales de la salud (médicos, internos, enfermeras), mediante el diligenciamiento del formato de reporte, que eran recogidos por la enfermera del COVE y entregados luego al investigador, quien evaluaba su calidad y completaba la información, si era indispensable. La estrategia activa estuvo a cargo del investigador, quien se desplazó dos veces por semana a los servicios incluidos en el estudio, para revisar las historias clínicas en busca de signos y/o síntomas que apuntaran hacia la presentación de un evento adverso, realizando entrevistas o examen físico en caso de ser necesario. Los eventos detectados mediante esta estrategia, se confirmaron con los médicos tratantes. La enfermera del COVE y el investigador tenían como función adicional, estimular la notificación espontánea durante sus visitas a los diferentes servicios.

Se acogió la definición de reacciones adversas a medicamentos establecida por el reporte técnico 498 de la OMS (The Uppsala Monitoring Centre). Las reacciones adversas a medicamentos, se caracterizaron con la terminología de reacciones adversas de la OMS (WHO-ART, The Uppsala Monitoring Centre, 2006). Después de identificar los eventos adversos, se aplicó el algoritmo

de Naranjo, para generar la probabilidad de causalidad (Naranjo & Busto, 1992). Las reacciones adversas a medicamentos clasificadas como definitivas, posibles o probables, se tuvieron en cuenta para el análisis; las clasificadas como dudosas fueron excluidas.

Análisis de datos: Los datos recopilados, se analizaron para estudiar las siguientes características de las reacciones adversas: medicamentos implicados, manifestaciones clínicas, órganos / sistemas afectados, tipo, causalidad y gravedad de la reacción adversa, cambios en los medicamentos implicados, desenlace y diagnóstico principal del caso. Los medicamentos implicados, se definieron según la clasificación ATC (WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology). El tipo de reacciones adversas a medicamentos, se determinó según la clasificación de Rawlins y Thompson: A, augmented (incrementada); B, bizarro (rara); E, end (terminal) (Bustamante, 2001). El diagnóstico principal de los casos, se definió según la CIE-10. La gravedad, se clasificó según las definiciones de Naranjo (Naranjo & Busto, 1992).

Los datos necesarios para el cálculo de incidencias y proporciones fueron suministrados por el departamento de estadística del hospital. La base de datos y el análisis, se realizó en Excel 2003.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación constituye uno de los primeros estudios de farmacovigilancia llevados a cabo en el país, en una institución de segundo nivel. En la bibliográfica consultada, se evidenció que en Colombia la mayoría de estos estudios se han efectuado en el tercer nivel de atención; solamente se encontró una investigación llevada a cabo en un hospital de segundo nivel de Bogotá, la cual analizó RAMs ocurridas en pacientes que asistieron a consulta externa y al servicio de urgencias (Moscoso *et al.* 2006). Es necesario tener en cuenta lo anterior en el momento de efectuar comparaciones entre los resultados de las diferentes investigaciones.

Frecuencia: Durante los seis meses del programa piloto, se detectaron un total de 60 RAMs, en 55 pacientes, discriminadas de la siguiente forma: 48 RAMs, el 80% del total, ocurrieron en 44 pacientes hospitalizados; ocho RAMs, 13,3%, causaron la hospitalización del paciente y cuatro, 6,7%, se manifestaron en el servicio de

urgencias. Presentaron una RAM 51 de los 55 pacientes, correspondiente al 92,7%; tres pacientes, 5,4%, presentaron dos reacciones adversas y un paciente, 1,8%, presentó tres reacciones adversas. Un paciente que se hospitalizó a causa de una RAM presentó otra reacción adversa durante su estancia hospitalaria.

Respecto a la frecuencia de reacciones adversas por servicio, la mayor proporción de casos se detectó en medicina interna (86%), seguido por urgencias (7%), cirugía (5%) y ginecoobstetricia (2%). La incidencia de RAMs en medicina interna fue 5,8%, en cirugía 0,7% y en ginecoobstetricia 0,14%.

Teniendo en cuenta el total de egresos de los servicios incluidos durante los seis meses de duración del estudio piloto (sin considerar urgencias), la incidencia acumulada de RAMs en pacientes hospitalizados fue de 19 X 1000 (48/2504).

Considerando que se presentaron ocho ingresos a medicina interna a causa de una reacción adversa, éstas dieron cuenta del 0,9% de las admisiones a este servicio.

La incidencia de RAMs en pacientes hospitalizados encontrada en este estudio (1,9%), se ubica dentro del rango reportado en la literatura (1,5% - 35%) (Karch & Lasagna, 1975; Lazarou *et al.* 1998) y es cercana a la hallada por Classen *et al.* (1997), 2,4%, pero lejana de la reportada por Pirmohamed *et al.* (1999), 10% - 20%. Cabe anotar que la incidencia calculada corresponde a los servicios de medicina interna, cirugía y ginecoobstetricia, por lo cual, no es la incidencia global para el hospital, ya que no se incluyó el servicio de pediatría. Por otra parte, considerando que uno de los problemas de los sistemas de notificación espontánea es el bajo índice de reportes es probable que la incidencia real sea mayor que la encontrada.

La incidencia de RAMs en pacientes hospitalizados en medicina interna, sin contar los ingresos causados por RAMs, fue más baja que la reportada por otros estudios realizados en servicios de medicina interna de instituciones de tercer nivel: en un estudio realizado en el Hospital de Caldas (Miranda *et al.* 2003), se reportó una incidencia de 7%, mientras que en un estudio realizado en un hospital de tercer nivel de Bogotá (Tribiño *et al.* 2006), se encontró un 25%. Las diferencias en las incidencias reportadas por diferentes publicaciones reflejan diferencias en las poblaciones de pacientes, criterios para evaluar reacciones adversas y técnicas de

vigilancia. En los servicios de cirugía y ginecoobstetricia, la incidencia fue muy baja, lo cual, es compatible con lo reportado en la literatura.

RAMs en pacientes hospitalizados

Características generales. La media de la edad de los pacientes que presentaron RAMs durante su hospitalización fue $65,9 \pm 16,6$ años. La mayor proporción de RAMs, 34%, ocurrió en pacientes entre los 70 y los 80 años. El 73% de estos pacientes (32) eran de sexo femenino. A este respecto vale la pena anotar que durante el período de estudio, en los servicios incluidos excepto urgencias, se atendió una mayor cantidad de mujeres que de hombres. Al comparar las proporciones de hombres y mujeres con RAMs, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,22$).

La gran mayoría de las reacciones adversas detectadas fueron de tipo A (89,6%); el 8,4% del tipo B y solamente el 2% fue de tipo E. La mayor proporción de reacciones adversas, se clasificó como probable (89,6%) y el restante 10,4% como posible. En cuanto a la severidad, 46 de las 48 reacciones adversas (95%), se clasificaron como moderadas; los otros dos casos correspondieron a una reacción leve (hipokalemia relacionada con ampicilina sulbactam) y una letal (shock anafiláctico causado por dipirona). Respecto al desenlace, la mayoría de las reacciones adversas (91,7%), se resolvieron sin dejar secuelas; en el 6,3% de los casos, la manifestación persistía al egreso del paciente y una, el 2%, causó la muerte del paciente.

Los hallazgos anotados respecto a tipo, causalidad y severidad son compatibles con lo reportado en la literatura (Segura & Maldonado, 2003; Classen *et al.* 1997; Suh *et al.* 2000; Gholami & Shalviri 1999). El predominio de RAMs tipo A indica que la mayoría son predecibles. El carácter moderado de la mayoría de las reacciones adversas coincide con la recuperación sin secuelas de la mayoría, hallazgo similar al del estudio de Churl *et al.* (2000), el cual, encontró recuperación completa en el 80% de las RAMs detectadas.

Manifestaciones clínicas. Las reacciones adversas a medicamentos comprendieron 20 manifestaciones diferentes; las más frecuentes se presentan en la tabla 1. Los sistemas afectados con mayor frecuencia fueron: gastrointestinal (27%), renal (22,9%), endocrino (16,6%) y hematológico (14,5%).

Tabla 1. Reacciones adversas en pacientes hospitalizados.

RAM	Frecuencia	%	Medicamentos implicados
Hipopotasemia	9	18,7	Furosemida (4), hidrocortisona (3), hidroclorotiazida (1), ampicilina sulbactam (1)
Sobreaticoagulación	7	14,5	Warfarina (4), heparina no fraccionada (3)
Hipoglicemia	6	12,5	Insulina (5), glibenclamida (1)
Emesis	4	8,3	Tramadol (3), dicloxacilina (1)
Hiperkalemia	3	6,2	Espironolactona (3)
Abdomen, dolor zona superior	3	6,2	Digoxina (2), eritromicina (1)
Erupción cutánea	2	4,1	Ampicilina (1), oxacilina (1)
Dispepsia	2	4,1	Aspirina (1), teofilina (1)
Otras	12	25	
TOTAL	48	100	

En varios estudios en pacientes hospitalizados (Bates *et al.* 1997; Dennis *et al.* 1998; Classen *et al.* 1991), las manifestaciones cutáneas fueron las más frecuentes, con porcentajes entre 24 y 28%; esto contrasta con los hallazgos de esta investigación, en la cual, dichas manifestaciones se presentaron solo en el 2% de los casos. En estudios realizados en el país los resultados son variables. Los que se llevaron a cabo en el Hospital de Caldas (Miranda *et al.* 2003) y en el Hospital de San Ignacio (Dennis *et al.* 1998), las reacciones adversas cutáneas se presentaron con una frecuencia importante, mayor que la hallada en el presente estudio: 28% en la primera institución, siendo, en este caso, la manifestación más frecuente y 20,7% en la otra, que para esta institución fue la segunda más frecuente. En contraste, en la investigación realizada en un hospital de tercer nivel de Bogotá (Tribiño *et al.* 2006) las RAMs cutáneas representaron apenas un 2,2% de los casos.

La frecuencia de hipopotasemia en estudios internacionales es menor que la detectada en esta investigación. Llama la atención que en estudios realizados en Colombia esta manifestación figura entre las reacciones adversas más reportadas: en el estudio del Hospital de Caldas la hipopotasemia inducida por diuréticos fue el evento adverso más frecuente (44,8% de los casos), mientras que en el estudio del hospital de tercer nivel de Bogotá fue el segundo (19,4%) (Miranda *et al.* 2003). La hipoglicemia,

se reporta con baja frecuencia en publicaciones internacionales; sin embargo, en el estudio del hospital de tercer nivel de Bogotá constituyó la tercera RAM más frecuente, con un 7% de los casos (Tribiño *et al.* 2006).

Las tres reacciones adversas detectadas con mayor frecuencia en este estudio son totalmente predecibles y pueden ser, por lo menos, en cierta proporción, prevenibles. Vale la pena que el servicio de medicina interna del hospital realice una revisión de historias clínicas y discusión de las mismas con los médicos del servicio, que bien se podría llevar al comité de vigilancia epidemiológica; lo anterior, con el fin de evaluar la existencia de causas prevenibles de estas RAMs (dosificación sin tener en cuenta el peso del paciente, en el caso de heparina no fraccionada e insulina, control paraclínico inadecuado, ajuste de dosis inadecuado, según la evolución) y tomar las medidas pertinentes para evitarlas.

Otros ejemplos de reacciones adversas potencialmente prevenibles fueron: emesis por tramadol endovenoso, hiperpotasemia por espironolactona, empeoramiento de broncoespasmo por betabloqueador en paciente con EPOC, epistaxis por warfarina, crisis de gota relacionada con furosemida en paciente con artritis gotosa e hipertensión de rebote por suspensión abrupta de clonidina.

Medicamentos implicados. 23 diferentes medicamentos generaron reacciones adversas en pacientes hospitalizados. Los más frecuentemente implicados fueron: furosemida e insulina, relacionados cada uno con el 10,4% de los casos; hidrocortisona, tramadol y warfarina vinculados cada uno con el 8,3% de los casos; digoxina, espirolactona y heparina no fraccionada asociados cada uno con el 6,3% de las reacciones adversas. Los grupos anatómoterapéuticos más implicados fueron: medicamentos que actúan en el sistema cardiovascular, los cuales, causaron el 31,2% de los casos; medicamentos que actúan en aparato digestivo y metabolismo, medicamentos que actúan en sangre y antiinfecciosos, los cuales, causaron cada uno el 14,6% de las reacciones adversas y, finalmente, medicamentos que actúan en el sistema nervioso central, asociados con el 12,5% de los casos. Cabe destacar que la mayoría de RAMs relacionadas con medicamentos que actúan en el sistema cardiovascular fueron causadas por diuréticos (60%). Casi todas las RAMs asociadas con medicamentos del grupo de aparato digestivo y metabolismo fueron generadas por insulina y sulfonilureas (86%). Todas las RAMs relacionadas con medicamentos que actúan en sangre fueron causadas por warfarina y heparina no fraccionada. Finalmente, el 57,1% de las reacciones adversas asociadas con antiinfecciosos fue causado por betalactámicos.

A diferencia de trabajos donde los anti-infecciosos son los agentes más implicados en el desarrollo de RAMs (Churl *et al.* 2000; Dennis *et al.* 1998; Lagnaoui *et al.* 2000), en esta investigación los medicamentos con acción en el sistema cardiovascular fueron los más frecuentemente relacionados. En otros estudios, los agentes cardiovasculares se han relacionado con 17 - 36% de las RAMs detectadas (Gholami *et al.* 1999; Churl *et al.* 2000), rango en el que está la proporción hallada por el presente estudio.

Los anticoagulantes, se reportan también en diversas publicaciones con una frecuencia algo menor que en esta investigación (9,3% - 13,8%), Miranda *et al.* 2003; Bordet *et al.* 2001; Classen *et al.* 1991). Sin embargo, en el estudio realizado en un hospital de tercer nivel de Bogotá, se encontró que estos medicamentos fueron los principales causantes de RAMs, dando cuenta del 36,5% de los casos detectados (Tribiño *et al.* 2006).

En general, los medicamentos asociados con mayor frecuencia a reacciones adversas en los diferentes estudios

varían según la composición de la población estudiada y la frecuencia con la cual se prescriben las diversas clases de medicamentos, en esa población particular. Sin embargo, los grupos de medicamentos que más se conservan de un estudio a otro son anti infecciosos, cardiovasculares, anticoagulantes y analgésicos.

RAMs que generaron hospitalización: En cuanto a los pacientes afectados por estas RAMs, cinco (62,5%) eran de sexo masculino y seis pacientes (75%) tenían edades entre los 70 y los 82 años, siendo el promedio de edad $65,2 \pm 20,3$ años. Las manifestaciones clínicas y los medicamentos implicados, se presentan en la tabla 2. Al aplicar el algoritmo de Naranjo, siete de las ocho reacciones adversas, se catalogaron como probables. Un caso de hipoglicemia por insulina fue clasificado como definitivo, ya que la manifestación recurrió tras la reexposición al fármaco implicado. En cuanto a la severidad, una de estas RAMs, se consideró grave (hipoglicemia severa con compromiso del sensorio relacionada con insulina), mientras que las demás, se catalogaron como moderadas, puesto que no amenazaron la vida ni dejaron secuelas. La única reacción adversa tipo B fue el síndrome de hipersensibilidad a anti-convulsivantes; las demás fueron tipo A.

La proporción de admisiones por RAMs en la población estudiada fue 0,31%, aunque esta cifra en realidad podría ser mayor, teniendo en cuenta que no se incluyó el servicio de pediatría y las limitaciones comentadas en el sistema de notificación espontánea.

Diversos estudios reportan que las reacciones adversas que con mayor frecuencia generan hospitalización son eventos hemorrágicos, arritmias, hipotensión arterial, hipoglicemia, insuficiencia renal y trastornos electrolíticos (Pirmohamed *et al.* 2004; Van der Hooft *et al.* 2008). Una revisión sistemática de estudios prospectivos (Kongkaew *et al.* 2008) mostró que la proporción de admisiones hospitalarias por reacciones adversas oscila entre 0,13% y 15,7%, con una mediana de 5,3%; los autores concluyen, además, que dicha proporción varía entre grupos étnicos, siendo mayor en ancianos. La casuística encontrada es limitada para hacer comparaciones, pero se observan algunas tendencias similares en la actual población estudiada.

RAMs en el servicio de urgencias: Las RAMs detectadas en este servicio fueron: dos casos de erupción

Tabla 2. RAMs que generaron hospitalización.

Reacción adverse	Frecuencia	%	Medicamento implicado
Hipoglicemia	5	62,5	Glibenclamida (3), insulina (2)
Epistaxis	1	12,5	Warfarina
Síndrome de hipersensibilidad a los anticonvulsivantes	1	12,5	Carbamazepina
Sobreanticoagulación	1	12,5	Warfarina
TOTAL	8	100	

eritematosos asociados con diclofenac y amoxicilina; un caso de hipotensión arterial relacionado con nitroprusiato de sodio y un caso de taquicardia supraventricular asociado a pseudoefedrina. La hipotensión asociada a nitroprusiato de sodio, se presentó en un paciente que era atendido en observación; las otras reacciones adversas originaron la consulta al servicio. En cuanto a la causalidad, la taquicardia supraventricular se clasificó como posible, mientras las demás reacciones adversas, se catalogaron como probables. En cuanto a la severidad, todas se consideraron moderadas. La hipotensión y la taquicardia supraventricular se resolvieron sin secuelas; los pacientes que presentaron exantemas egresaron luego de la consulta.

Las reacciones adversas en los servicios de urgencias han sido menos estudiadas (Hafner *et al.* 2002) y sus características varían según el tipo de hospital. Se reporta que las RAMs dan cuenta del 1,7% al 4,1% de las consultas a los servicios de urgencias, siendo las manifestaciones más frecuentes trastornos gastrointestinales y reacciones alérgicas relacionadas con diferentes grupos farmacológicos, así como eventos hemorrágicos e hipoglicemia asociados a anticoagulantes y antidiabéticos, respectivamente (Hafner *et al.* 2002; Yee *et al.* 2005). Los pocos casos detectados en esta investigación no permiten realizar comparaciones.

Operatividad del programa piloto: En este aspecto, se detectaron los siguientes problemas:

- En las presentaciones realizadas ante el COVE no siempre fue posible contar con la presencia de un

médico representante de los servicios incluidos en el programa.

- Por tratarse de un programa piloto, el COVE consideró conveniente no reportar las RAMs a las entidades reguladoras; Sin embargo, para el funcionamiento adecuado de un programa establecido, es indispensable el reporte a las entidades pertinentes.
- A pesar de haber realizado una sensibilización antes del inicio del programa, el índice de notificación espontánea fue bajo. La mayor proporción de casos fue reportada por el investigador (82%); los médicos de planta y los médicos internos reportaron, cada uno, un 8% de los casos y las enfermeras; el 2%. En total, el personal del hospital realizó once reportes durante el programa piloto. Llama la atención que esta cifra coincide con el total de reportes captados por el programa piloto desarrollado en el Hospital San Ignacio de Bogotá (Dennis *et al.* 1998).

Un factor que pudo incidir en el bajo número de notificaciones es la escasa formación de los profesionales en farmacovigilancia. Aunque no se empleó un instrumento para medir los conocimientos del personal de la institución en esta disciplina, por no ser el objetivo del estudio, durante la interacción con ellos fue posible percibir este problema. Por ejemplo, buena parte de ellos, especialmente enfermeras y médicos internos, asocian reacción adversa únicamente con manifestaciones de hipersensibilidad. Adicionalmente, el programa piloto no contempló, adecuadamente, la sensibilización al personal nuevo (especialmente, médicos internos y

rurales), lo cual, también pudo influir de forma negativa en el número de reportes captados.

En cuanto a las fortalezas del programa cabe destacar:

- El programa se adapta a las características funcionales de la institución, lo que favorece su continuidad.
- El programa resulta costo-efectivo, porque su implementación no exige la inversión de grandes recursos, mientras que su operatividad permitiría la detección temprana de eventos adversos, la detección de reacciones adversas prevenibles y el planteamiento de medidas para evitarlas.
- Luego de la presentación del informe final ante el COVE, se asignaron funciones de farmacovigilancia a algunos de los integrantes del comité y se acordó iniciar el reporte de las reacciones adversas detectadas al INVIMA. Esto también favorece la continuidad del programa.
- El personal sensibilizado favorece la continuidad del programa, lo cual se evidenció por la recepción de varios reportes luego de la finalización del programa piloto.

CONCLUSIONES

Algunas características de las RAMs detectadas (tipo, causalidad, severidad, desenlace) son similares a las reportadas en estudios internacionales y realizados en instituciones de tercer nivel de nuestro país, aunque otras (incidencia, medicamentos implicados, manifestaciones clínicas), difieren de lo reportado en la literatura. Esta variabilidad obedece a diversos factores, como población incluida y métodos de detección y evaluación de reacciones adversas.

El programa piloto desarrollado siguió los lineamientos de la OMS para llevar a cabo actividades de farmacovigilancia, se adaptó a las características de un hospital de segundo nivel, fue compatible con las actividades del COVE, despertó el interés de la institución por establecer un programa en forma definitiva y contribuyó a fomentar la cultura del reporte, lo cual, se evidenció por la recepción de varias notificaciones, luego de finalizar el programa. Sin embargo, para garantizar su continuidad y su operatividad es necesario efectuar algunos ajustes. Se deben implementar estrategias para asegurar la sensibilización de todos los profesionales de salud

de la institución, incluyendo el personal nuevo. Es indispensable vincular de manera más estrecha a los especialistas, no sólo por medio del reporte espontáneo, sino también mediante su participación activa en las discusiones sobre farmacovigilancia que se lleven a cabo al interior del COVE. Adicionalmente, es conveniente que los integrantes del comité con funciones de farmacovigilancia continúen estimulando la notificación espontánea y mantengan la retroalimentación a los profesionales de los diferentes servicios.

Por otra parte es importante incluir los principios básicos de la farmacovigilancia en la cátedra de farmacología para medicina y enfermería, con el objeto de lograr un adecuado desempeño de los egresados dentro de los programas institucionales.

BIBLIOGRAFÍA

- AJAYI, F.; SUN, H.; PERRY, J. 2000. Adverse drug reactions: a review of relevant factors. *J. Clin. Pharmacol.* 40:1093-1101.
- BATES, D.; SPELL, N.; CULLEN, D.; BURDICK, E.; LAIRD, N.; PETERSEN, L.; SMALL, S.; SWEITZER, B.; LEAPE, L. 1997. The costs of adverse drug reactions in hospitalized patients. *JAMA.* 277:307-311
- BORDET, R.; GAUTIER, S.; LE LOUËT, H.; DUPUIS, B.; CARON, J. 2001. Analysis of the direct cost of adverse drug reactions in hospitalized patients. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 56:935-941.
- BUSTAMANTE, C. 2001. Fases del desarrollo de un nuevo fármaco. En: Ardila, E.; Sánchez, R.; Echeverry, J. (eds). *Estrategias de investigación en medicina clínica.* Bogotá. Manual Moderno. p.131.
- CHURL, D.; WOODALL, B.; SHIN, S.; HERMES DE SANTIS, E. 2000. Clinical and economic impact of adverse drug reactions in hospitalized patients. *Ann. Pharmacoter.* 34:1373-1379
- CLASSEN, D.; PESTOTNIK, S.; EVANS, R.; BURKE, J. 1991. Computerized surveillance of adverse drug events in hospital patients. *JAMA.* 266(20):2847-2851.

- CLASSEN, D.; PESTOTNIK, S.; SCOTT EVANS, R.; LLOYD, J.; BURKE, J. 1997. Adverse drug events in hospitalized patients: excess length of stay, extra costs and attributable mortality. *JAMA*. 277(4):301-305.
- DENNIS, R.; GUTIÉRREZ, J.; RODRÍGUEZ, M. 1998. Creación de un programa piloto de farmacovigilancia en el Hospital Universitario San Ignacio. *Acta Médica Colombiana*. 23(1):15-22.
- GHOLAMI, K.; SHALVIRI, G. 1999. Factors associated with preventability, predictability and severity of adverse drug reactions. *Ann. Pharmacother*. 33:236-240.
- HAFNER, J.; BELKNAP, S.; SQUILLANTE, M.; BUCHEIT, K. 2002. Adverse drug events in emergency department patients. *Ann Emerg Med*. 39(3):258-267.
- JOHNSON, J.; BOOTMAN, J. 1995. Drug-related morbidity and mortality: a cost-of-illness model. *Arch. Intern. Med*. 155:1949-1956.
- KARCH, F.E.; LASAGNA, L. 1975. Adverse Drug Reactions. *JAMA*. 234:1236-1241.
- KONGKAEW, C.; NOYCE, P.; ASHCROFT, D. 2008. Hospital admissions associated with adverse drug reactions: a systematic review of prospective observational studies. *Ann Pharmacother*. 42(7):1017-1025.
- LAGNAOUI, R.; MOORE, N.; FACH, J.; LONGYBOUSIER, M.; BÉGAUD, B. 2000. Adverse drug reactions in a department of systemic disease oriented intern medicine: prevalence, incidence, costs and avoidability. *Eur. J. Clin. Pharmacol*. 56(2):181-186.
- LAZAROUI, J.; POMERANZ, B.; COREY, P. 1998. Incidence of adverse drug reactions: a meta-analysis of prospective studies. *JAMA*. 279:1200-1205.
- MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Resolución 1403 de 2007. Disponible desde Internet en: <http://www.minproteccion-social.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo17379DocumentNo6819.PDF>. (con acceso 09/06/08).
- MIRANDA, H.; BURITICA, O.; AYALA, O. 2003. Eventos adversos a medicamentos en los servicios de medicina interna del Hospital de Caldas. *Rev. Médica de Risaralda*. 9(1):1-7.
- MOSCOSO, S.; RAMIREZ, G.; LÓPEZ, J.; GERENA, B. 2006. Reacciones adversas a medicamentos en el Hospital de Suba de Bogotá. *Rev. Salud Pública*. 8 (2):209-217.
- NARANJO, C.; BUSTO, U. 1992. Reacciones adversas a medicamentos. En: *Métodos en farmacología clínica*. Santiago: OPS. p.331.
- PIRMOHAMED, M.; BRECKENRIDGE, A.; KITTERINGHAM, N. 1999. Adverse drug reactions. *BMJ*. 316:1295-1298.
- PIRMOHAMED, M.; JAMES, S.; MEAKIN, S.; GREEN, C.; SCOTT, A.; WALLEY, T.; FARRAR, K.; PARK, B.; BRECKENRIDGE, A. 2004. Adverse drug reactions as cause of admission to hospital: prospective analysis of 18 820 patients. *BMJ*. 329(7456):15-19.
- SEGURA, O.; MALDONADO, C. 2003. Las reacciones adversas a medicamentos: una aproximación desde el punto de vista económico. *Biomédica*. 23:401-407.
- SUH, D.C.; WOODALL, B.; SHIN, S.K.; HERMES-DE SANTIS, E.R. 2000. Clinical and economic impact of adverse drug reactions in hospitalized patients. *Ann. Pharmacoter*. 34:1373-1379.
- THE UPPSALA MONITORING CENTRE. Glossary of terms used in pharmacovigilance. Disponible desde Internet en: <http://www.who-umc.org/graphics/15338.pdf>. (con acceso 03/03/06).
- TRIBIÑO, G.; MALDONADO, C.; SEGURA, O.; DIAZ, J. 2006. Costos directos y aspectos clínicos de las reacciones adversas a medicamentos en pacientes hospitalizados en el servicio de medicina interna de una institución de tercer nivel de la ciudad de Bogotá. *Biomédica*. 26:31-41.
- VAN DER HOOFT, C; DIELEMAN, J; SIEMES, C; AARNOUDSE, A; VERHAMME, K; STRICKER, B;

STURKENBOOM, M. 2008. Adverse drug reaction-related hospitalizations: a population-based cohort study. *Pharmacoepidemiol Drug Saf.* 17(4):365-371.

YEE, J; HASSON, N; SCHREIBER, D. 2005. Drug related emergency visits in an elderly veteran population. *Ann Pharmacother.* 39(12):1990-1995.

WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology. ATC/DDD Index. Disponible desde Internet en: [http:// http://www.whocc.no/atcddd/](http://www.whocc.no/atcddd/) (con acceso 02/04/08).

Recibido: Julio 11 de 2008
Aceptado: Octubre 22 de 2008

EDUCACIÓN Y MUNDO DE LA VIDA

EDUCATION AND LIFE WORLD

Luis Guillermo Jaramillo Echeverri ¹Juan Carlos Aguirre García ²

RESUMEN

Este texto plantea la discusión en torno a la relación mundo de la vida – educación. Está fundamentado en la perspectiva fenomenológica; sin embargo, más allá de dar vueltas en torno a cuestiones meramente teóricas, propende por volver al mundo, que se nos ha hecho extraño, debido a la mirada omni-abarcadora del discurso científico en educación. La presente reflexión es una apuesta por reconocernos en el mundo vital que, por más que queramos volverlo un mero objeto, sólo lo podremos comprender en la medida que nuestras referencias partan de él y a él retornen.

Palabras clave: Mundo de la vida, educación, experiencia, intencionalidad, fenomenología.

SUMMARY

This paper raises the discussion concerning the relation between life world - education. It is based on the phenomenological perspective; nevertheless, beyond turning around merely theoretical questions, it tends to return to the world that has made us strange due to the look all-inclusive of the scientific speech in education. The present reflection is a bet for recognizing ourselves in the vital world that, no matter how much we want to become it a mere object, only we will be able to understand it in the measure that our references depart from it and return to it.

Key words: Life World, education, experience, intentionality, phenomenology.

INTRODUCCIÓN

¿Qué es la verdad? La verdad es una mentira contada por Fernando Silva.

Fernando cuenta con todo el cuerpo, y no sólo con palabras, y puede convertirse en otra gente o en bicho volador o en lo que sea, y lo hace de tal manera que después uno escucha, pongamos por caso, al pájaro clarinero cantando en una rama, y uno piensa: ese pájaro está imitando a Fernando cuando Fernando imita al pájaro clarinero.

Él cuenta sucedidos de la gentecita linda del pueblo, la gente recién creada, que huele a barro todavía; y también cuenta los sucedidos de algunos tipos estafalarios que él conoció, como aquel espejero que hacía espejos y en ellos se metía y se perdía, o aquel apagador de volcanes que el diablo dejó tuerto, por venganza, escupiéndole en un ojo.

Los sucedidos suceden en lugares donde Fernando estuvo:

el hotel que abría sólo para fantasmas, la mansión aquella donde las brujas se murieron de aburrimiento o la casa de Ticuantepe, que era tan sombrosa y fresca que te daba ganas de tener, allí, una novia esperando.

Además, Fernando trabaja de médico.

Prefiere las hierbas a las pastillas y cura la úlcera con cardosanto y huevo de paloma; pero a las hierbas prefiere la propia mano.

Porque él cura tocando. Y contando, que es otra manera de tocar.

(Galeano, 1997)

¹ Doctor en Ciencias Humanas y Sociales – Educación. Profesor Universidad del Cauca, ljaramillo@unicauca.edu.co

² Magíster en Filosofía, Universidad de Caldas. Profesor Universidad del Cauca. jcaguirre@unicauca.edu.co.

¿Cómo tocamos la realidad? Según Fernando Silva, la tocamos *contando* y *cantando*, ella se nos muestra siendo, desatada de cuestionamientos y premisas remitidas a un deber ser prefigurado, puro y extraño sobre el que hay que hurgar constantemente. La realidad se vive y se toca en un mundo que no es ignoto, ella aparece, nos acontece para vivirla e inventarla. Mientras nos preguntamos si aquello que se vive es real o no... vivimos. ¿Dónde vivimos?

Vivimos en una casa grande llena de percepciones, descubrimientos y comprensiones significadas por otros, casa que los niños y las niñas llaman *Mundo*, pero también llaman *Vida*; mundo-vida que habitan y construyen por el mero hecho de vivir; nuestro accionar, entonces, se abre a una infinitud de posibilidades en la que emerge un sentido que nos deja poder ser. Mundo de la vida donde se expresa una sensibilidad que nos permite ser desde un aquí y un ahora. Sensible-vivido que posibilita tener conciencia de un cuerpo-propio, cuyo acontecimiento fundamental está en el hecho de tenernos, muy similar al cuerpo que se tiene sobre sus piernas (Levinas, 2005).

Ese es el mundo sobre el que Fernando Silva inventa sus historias, mundo que le permite erigirse para contar sus cuentos y las cuentas de sus cuentos. Éste es el sedimento que le permite decir que aquello que cuenta es más verdad de la que se puede constatar y verificar empíricamente. Sus hechos son verdades que deambulan por infinitud de vericuetos, que así parezcan fantásticas, emergen de la capacidad del *tenerse*: ¿tenerse de dónde? de un mundo que no siente extraño sino propio, tenerse a sí mismo co-dependientemente con él, mundo que le posibilita desplegar su vida para contar lo acontecido y realizativo de su imaginación real.

El propósito de este escrito es llamar la atención sobre ese mundo deslizado y olvidado de nuestra humana manera de vivir, un mundo lleno de interpretaciones, dado como sedimento de experiencias y de construcciones teóricas; mundo pre-categorial que, a pesar de ser considerado por la ciencia como impreciso y relativo, posee una estructura que desborda los sentidos y nos permite tener constatación de él. Para ello, se intentará reconstruir la definición ortodoxa de lo que se entiende por *mundo de la vida*, ya que es un término que ha caído en la discursividad y el apalabramiento. Finalmente, queremos sugerir puentes entre Mundo

de la Vida y Educación; la relación escuela-mundo nos permitirá considerar conceptos propios de nuestro ser en el mundo: experiencia, subjetividad, sensibilidad e intersubjetividad, conceptos que se viven en nuestros discursos y espacios vitales: la educación y la escuela son parte de ellos.

HACIA UNA DEFINICIÓN DE “MUNDO DE LA VIDA”

Cada vez es más frecuente encontrar en los discursos educativos la expresión mundo de la vida, convirtiéndose en un lugar común en muchas de sus reflexiones. Como muchos de los términos que usamos los educadores para comprender nuestra práctica, éste tiene un trasfondo filosófico que es necesario develar. Por tanto, el apartado parecerá un agregado abrupto dentro del texto; sin embargo, consideramos que es necesario situar la discusión en su contexto para evitar trivializaciones que, a la larga, degenerarán en confusiones problemáticas.

Iniciamos diciendo que aunque el concepto de mundo de la vida no es exclusivo de la fenomenología, es a partir de las reflexiones del filósofo Edmund Husserl, específicamente en su última obra *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental* (recopilación de textos escritos por el filósofo entre 1934 y 1937), que toma un sentido distinto más pertinente a los discursos sobre la subjetividad. Podemos coincidir en que de los términos más originales en el pensamiento de Husserl, “mundo de la vida” o, en su original: *Lebenswelt*, ocupa un lugar privilegiado. Paci (1968), estudioso de la fenomenología de Husserl, lo define como: “experiencia originaria que precede a toda categoría científica y filosófica. Tiene sus estructuras fundamentales a pesar de ser relativo y por ello es posible una ciencia del mundo de la vida reductible a las percepciones y a las operaciones de los sujetos en su ambiente espacio – temporal y causal (...) La *Lebenswelt* es indicada por Husserl, también como *Erfahrungswelt* o mundo de la experiencia”. Más que una clarificación del término, en la definición, se concentran todos los aspectos expositivos y problemáticos del concepto; pero, a su vez, sirve como guía para abordarlo.

La primera parte de la definición es bastante conocida. Hablar de “mundo de la vida” o “mundo vital” es hablar de un retorno a un terreno pre-categorial que originaría un “ir a las cosas mismas” y es que, si se está hablando

fenomenológicamente, no se puede olvidar partir todo análisis de este llamado original. Este llamado lo hace Husserl (1991), principalmente, a las ciencias objetivas puesto que han olvidado su fundamento: “a todas las ciencias objetivas les falta saber de lo principal, es decir, el saber de *aquello* que a las configuraciones teóricas del saber objetivo suministraría el sentido y la validez”. Pero ¿qué es este “*aquello*”?

El mundo de la vida habla de un mundo que se vive cotidianamente como siendo. No es un mundo que se inventa o al que uno se enfrenta problematizándolo de entrada. Hablar de mundo de la vida es situarnos en un mundo del cual tenemos certeza empírica. Este mundo es anterior a todas las comprobaciones o idealizaciones científicas, llámense fisiológicas, psicológicas, sociológicas. El situarnos implica que, si bien nos hallamos como “objetos sobre los objetos”, somos a la vez “sujetos para ese mundo”. El carácter de sujeto – hace que asumamos el mundo no como un objeto separado, lejano y disponible, por el contrario, el mundo está cruzado por nuestros pensamientos, valoraciones, experiencias; más aún, sólo si se reconoce de esta forma, se podrá hablar de un mundo circundante que no se agota en la explicación causal, sino que adquiere sentido y puede ser comprendido en su complejidad.

La eterna defensa de los científicos objetivos, orgullosos de sus métodos, será que ellos también parten del mundo que es; y tienen razón. No podríamos establecer un dualismo absurdo entre mundo vital y mundo científico – natural, como si para reconocer el mundo tuviéramos que desechar uno u otro. No hay dos mundos. Pero si la ciencia presupone su ser, lo primero que intenta es alcanzar un saber perfecto sobre la base que el saber pre-científico es imperfecto en cuanto a su extensión y su firmeza. Para ello recurre al método que le asegurará niveles cada vez más precisos de probabilidad y de proposiciones, que permitan ir determinando más fijamente el mundo. La ilusión del método está anclada en una ingenuidad que intenta entronizar la vida plana “patente” y, así mismo, pregonar que todo cuanto se experimenta, de modo empírico-teórico, es objeto de dominio de un posible conocimiento positivo. Las dificultades que esta actitud plantea son las que llevan a sospechar del optimista acceso a la esfera de profundidad que, supuestamente, se alcanzaría con la aplicación del método. A la vida plana “patente”, reclamará Husserl una vida de profundidad “latente”.

No es temeraria, por tanto, la proclama de Husserl que las ciencias se hallan en crisis, en el sentido que han olvidado su fundamento. Si algo permite unificar la obra de Husserl es el afán de sacar a las ciencias de tal crisis. Se ha creído, históricamente, que el filósofo Immanuel Kant había sentado las condiciones de la razón científica. Husserl, por su parte, descubre que la pregunta pertinente sería, no tanto por las condiciones de posibilidad de la ciencia, cuanto por el *a priori* concreto, la experiencia ante-predicativa de donde todo saber, incluido el de las ciencias objetivas, emerge (Gómez – Heras, 1989). Es muy curioso que en los contextos en los que se mueve la formación de un individuo, deudores directos de la iconografía científica, pareciera obligado tener que retirarse del mundo, abstraerse y contemplar teóricamente la realidad; algo así como una esquizofrenia en la que una cosa es el mundo que habito, en el que juego, converso, beso y, otra diferente, la Geografía, la Educación Física, las Plenarias o Conferencias, la Educación Sexual. Lo peor de todo es que este “segundo mundo” adquiere mayor estatus de realidad en detrimento del primero.

Ahora bien, si continuamos guiándonos por la definición de Paci, nos topamos con un elemento complicado y con aparente ambigüedad: el “mundo de la vida” tiene sus estructuras fundamentales a pesar de ser relativo. La cuestión será mostrar cómo es posible acceder a tales estructuras y cómo se puede valorar tal relatividad.

No es sorpresa que la forma de acceder a las estructuras del mundo de la vida sea a través de un concepto enunciado por Husserl: *epojé* (que en su sentido más simple se puede entender como *poner entre paréntesis, o suspender el juicio*). Todas las ciencias objetivas buscan una verdad en sí; sin embargo, las hipótesis que pretendan esta objetividad, rebasan el mero mundo de la vida. La función de una primera *epojé* (frente a las ciencias objetivas) será prevenir tal trasgresión. La *epojé* permite acercarnos al mundo de la vida y encontramos en él una infinidad de fenómenos: “decimos una infinidad porque en la penetración progresiva se muestra que cada fenómeno alcanzado con dicho despliegue de sentido, fenómeno que por de pronto se da en el mundo de la vida como «naturalmente» siendo, cobija ya implicaciones de sentido y validez cuya interpretación, a su vez, conduce a nuevos fenómenos y así sucesivamente” (Husserl, 1991).

Una vez alcanzado este estado, nos hemos situado en una actitud distinta pero también nos hemos introducido

en una aparente sin salida: ¿cómo es posible que haya infinidad de fenómenos siempre renovados?, ¿habrá alguna posibilidad de tener conocimiento en un mundo con constante donación de sentido?, ¿hay algo que podamos considerar como científicamente comprobable de una vez para siempre y para todos? Bien llama Husserl a esta situación un atolladero o un embarazo. Pero, frente a esta etapa eidética o de descripción psicológica, Husserl ha propuesto una nueva fase: la Reducción Trascendental.

Para este caso preciso, se tiene que hacer una nueva epojé, la epojé trascendental, que se aplica sobre los fenómenos de la subjetividad alcanzados en la primera epojé, nos sitúa en un sujeto trascendental que permite percatarnos de que este mundo de la vida, en todas sus relatividades, tiene su estructura general a la que queda vinculado todo lo que relativamente es, aunque en sí ella no es relativa. En este punto juega un papel primordial el análisis intencional: podemos tener, por ejemplo, el caso de unas tijeras: además de darse ese objeto a nuestra observación y manipulación (óptico-háptico), también se manifiesta como un objeto que implica una “utilización – para”; ahora bien, pese a superar el mero nivel de lo empírico, al involucrar al acto de percepción un valor de uso, aún falta superar esta certeza representativa. Esta superación se puede lograr a través del proceso de constitución, en el cual, además de tomar en cuenta la experiencia auténtica y originaria de las tijeras (análisis estático), tiene que mostrar cómo es que las tijeras constituyen en la conciencia el esquema de implicación o familiaridad; tal esquema responde a una estructura invariable, pese a las diversas experiencias (relativas) que el sujeto pueda tener con las tijeras (San Martín, 1987).

De lo anterior, se desprenden varias ideas: a) la estructura general del mundo de la vida lleva a considerar que cada objeto es algo dentro del mundo, es decir, no hay objetos que se resistan a formar parte del mundo. b) conocer cosas es distinto a tener conciencia del mundo: “cosas, objetos (...) son «datos» como válidos para nosotros (en uno de los modos de la certeza del ser), pero por principio tan sólo tenemos conciencia de ellos como objetos en el horizonte del mundo” (Husserl, 1991). c) lo que asegura la posibilidad de una ciencia universal es, precisamente, que toda praxis real y posible acontece, bajo el mundo pre-dado, como horizonte, el cual, no se da de una vez accidentalmente, sino

necesariamente. De esta forma queda en evidencia la urgencia de que todo conocimiento parta del mundo vital pues, de lo contrario, se continuará haciendo un remedo de realidad, contribuyendo así a la fractura entre conocimiento objetivo y conocimiento significativo, entre el mundo del colegio y el mundo de la experiencia, entre lo que es la escuela y lo que es la vida.

La última parte de la definición de Paci a considerar, se refiere a la posibilidad que tenemos de elaborar, a partir del mundo de la vida, una ciencia “reductible a las percepciones y a las operaciones de los sujetos en su ambiente espacio – temporal y causal”. Lo primero que se debe cuestionar es la forma de legitimar el conocimiento del mundo de la vida. El problema radica en que la exigencia de ir a las cosas mismas hace que tengamos que evitar interpretaciones psicofísicas o psicológicas tomadas de la respectiva ciencia objetiva. ¿Cuál camino queda entonces?, ¿cómo entender todas las palabras como las entiende la vida pre-científica misma? La cuestión se hace más compleja aún cuando se lee en Husserl (1991): “no cabe recurrir prontamente a los «datos de la sensación», inmediatamente dados, según se pretende, como si estos dados fuesen lo inmediatamente característico de los datos puramente intuitivos del mundo de la vida”. Hay que reconstruir las tesis de Husserl frente a este problema:

En primer lugar, afirma que el modo de alcanzar el mundo de la vida, lejos de recurrir a idealizaciones o constructos lógico-matemáticos, depende de la *intuición*. En segundo lugar, a diferencia de Descartes, Husserl no busca una certeza en las ideas en desmedro de la experiencia; antes que la polaridad sujeto–objeto, hay una instancia previa donde tal oposición queda abolida, de este modo, la subjetividad consiste en experiencia absoluta y ámbito de toda experiencia (Gómez – Heras, 1989); no hay que olvidar que la fenomenología propugna por el encuentro de categorías sobre las cuales se erija el conocimiento, es decir, no aboga por un relativismo en el que todo quede reducido a opiniones subjetivas. La evidencia sobre la que se funda todo saber no es una evidencia técnico – científica ni objetivo – matemática, ella, en la medida en que parte de la experiencia pre-categorial absoluta, se alcanza en la conciencia *pura* y en la experiencia *pura*, allí donde se arraiga, en definitiva, el sentido del ser y se asegurará el acceso al mundo de la vida, al modo de vivencia.

El recorrido por la *Lebenswelt* ha permitido insinuar ciertos elementos. Las ciencias objetivas han olvidado el mundo de la vida; es más, lo consideran sospechoso en tanto alberga el cúmulo de opiniones. La fenomenología exige una exclusión de los conocimientos logrados tanto como verdades de situación como de las verdades “en sí” y una vuelta al reino de las evidencias originarias. El “ver” de nuevo el mundo de la vida, se logra a través de la intuición que sólo se comprende en una actitud subjetivo – relativa (observar todo cuanto vale para nosotros como siendo o siendo así). Pese a esta subjetiva–relatividad, en la investigación sobre el mundo de la vida van dándose mostraciones cada vez más extrañas y complejas: “en la reflexión advertimos con asombro que ahí se hallan correlaciones esenciales; que son integrantes de un *a priori* más amplio, de un *a priori* universal” (Husserl, 1991).

La comprensión del mundo, lejos de ser una depuración de la subjetividad hasta alcanzar un objeto disponible para su manipulación, es un comprender que en el horizonte del mundo de la vida los objetos forman “sentido” a partir de intencionalidades, sentido en tanto referencia a sujetos que intencionan y realizan nuevas valideces y valideces que, aunque relativas, no son menos reales dentro de su alcance. Por ello, la tarea de los educadores es una tarea inacabada. En el mundo de la vida somos principiantes y carecemos de cierta norma lógica, lo que no quiere decir que no se pueda hallar alguna; sin embargo, sobre tal mundo podemos reflexionar, percatarnos del sentido de nuestra tarea, preocuparnos para que en ella no se involucre ningún tipo de prejuicios o intromisiones totalitarias.

MUNDO DE LA VIDA, EDUCACIÓN Y EXPERIENCIA

En la exposición del concepto *Lebenswelt* ha quedado claro que éste se refiere a un ámbito precategorial y, por ende, nos exige una vuelta a las cosas mismas. A continuación intentaremos trazar los puentes entre este concepto y el mundo de la educación y la experiencia; para ello recurriremos a autores que, o bien se inscriben en la corriente fenomenológica, o bien podrían compartir aquello que se denomina “aire de familia”; sin embargo, queremos advertir que al interior de la escuela fundada por Husserl existen fuertes divergencias entre algunos autores (hasta se sostiene por algunos que la historia de la fenomenología es la historia de las herejías a Husserl);

tales divergencias no serán abordadas en detalle, pues nos desviarían del objetivo trazado; pese a esto, no creemos que el pasar por alto tales cuestiones nos aleje de lo hasta ahora alcanzado.

Comencemos diciendo que la obviedad del mundo ha hecho que lo habitemos sin reparar en él, tornándose tan familiar que nuestra mirada se acostumbró o fue acostumbrada. La escuela, lugar privilegiado para llenar de sentido el mundo vital, no es ajena a las expresiones de la cultura y, en cuanto tal, ha permitido que se incoe en su praxis un modelo que aspira a la adquisición de lo exacto y la paulatina eliminación de la incertidumbre, introduciendo criterios de “calidad”, que pretenden desvelar lo oculto tras las apariencias (Bárcena *et al.* 2006). Esta percepción también es considerada por Quintar (2004), cuando comenta que no es lo mismo promover capacidades de pensamiento en la construcción de realidad cotidiana, que transmitir información para la manipulación de un conocimiento objetivo. Por tanto – continúa:-

“El hecho de enseñar, en cualquiera de los niveles educativos, desde la inconciencia de transmitir saberes codificados (las más de las veces ni siquiera “eruditos”, sino escolarizados) como saber académico legitimado, vuelve *objeto* (con todo lo que ello implica), no sólo a la información que se da, sino al propio sujeto que es *desconocido* como sujeto productor de conocimiento. Así, tanto el sujeto como su mundo de vida se vuelven *objetos* manipulables e intercambiables”.

Podríamos decir que el mundo de la vida está siendo relegado de la escuela, tornándose más *virtual y canjeable*; deberíamos temer el advenimiento de una escuela donde, en aras de formar expertos altamente competitivos, olvidemos que –y para ser más radicales– sólo entendemos las cosas experimentándolas de forma corpórea, relacional: en situación (Jaramillo, 2006). Más que una mera crítica a la escuela, lo que pretendemos en este apartado, es reflexionar sobre los modos en los que la experiencia propugnaría por acercar la acción pedagógica maestro-estudiante al mundo de la vida.

En primer lugar, habría que considerar las relaciones que se tejen en la comunidad de aprendizaje. Tradicionalmente el maestro, haciendo gala de ser depositario de la verdad, asume roles de autoridad, ahorrándole al estudiante las

preguntas y, de paso, infundiéndole el miedo a hablar por sí mismo. Frente a esta realidad deben surgir dos actitudes previas a toda experiencia educativa: por un lado, está la recuperación de la palabra, sin la cual, todo acto humano queda deslegitimado. Pero ¿cómo la palabra no está presente en las aulas, incluso más de la cuenta? Tal vez, sin embargo, la conversación pedagógica ha perdido su sentido. En la antigüedad, los maestros auténticos tomaban a sus estudiantes como seres con capacidad de opinar y criticar, como partícipes en la construcción del conocimiento; hoy, por el contrario, no son pocos los docentes que hacen del monólogo su herramienta pedagógica (Aguirre, 2006).

La otra actitud a desarrollar, previa la asunción de la conversación como esfera de encuentro, será la creación de comunidades de indagación (en Pineda, 2004), podemos notar el significado preponderante que estas comunidades tienen dentro del proyecto Filosofía para niños y niñas), en las cuales la pregunta, cualquiera que ella sea, desborde todo dato, erosione el sistema y obligue a repensar el mundo. Hsu (2007), en un foro acerca de la importancia de la pregunta en el acercamiento de la ciencia a los juegos de la cotidianidad, sostiene que: “cuando los estudiantes preguntan, buscan significar y entender, construir conocimiento, y reconceptualizar lo que ellos ya entienden de un modo distinto”; y agrega que es la pregunta la que permite construir puentes entre sus mundos de vida.

Ahora bien, se cree que un conocimiento desde la experiencia, tiene que centrarse sólo en la exposición de los estudiantes a meros estímulos sensoriales, olvidando que el empirismo clásico falla en tanto deja de lado el sujeto cognoscente, en tanto, lo considera algo pasivo, *tabula rasa* en el proceso de aprendizaje. La curiosidad no brota del mirar; el mirar es el que nos ha vuelto cotidiano el mundo. La curiosidad se alimenta de los desequilibrios y contradicciones presentes en el día a día; brota de un sujeto que no está satisfecho con respuestas aprendidas, quiere *ver* el sentido del mundo y sabe que él es parte activa en esa constitución de sentido (Aguirre & Jaramillo, 2008).

Se ha dicho que la curiosidad genera deseo, “ganas” de saber. Como docentes hablamos de la apatía que esta contagiando a nuestros estudiantes, pero nunca nos preguntamos acerca del hambre que tienen ni del alimento que tenemos para ofrecerles. En tanto

deseo, el conocimiento debe movilizar la comunidad académica tras su búsqueda, lo que a la larga generará felicidad. Escuelas tristes serán aquellas en las que, pese a la sobreabundancia de información, nadie grite *eureka*. Todo nuevo suceso debe ser asumido como *acontecimiento* generado en un suelo previo llamado mundo de la vida: “lo que introduce la noción de acontecimiento es el *sentido* como algo diferenciado de la significación lógica; el “significado” trae cerrado e interpretado en un único sentido lo que dice, el sentido deja abierta la posibilidad a nuevas y múltiples significaciones de la realidad” (Bárcena *et al.* 2006). Acontecimiento-sentido que inevitablemente toca con lo ético, pues el deseo por conocer no asume al Otro como intercambio, reciprocidad o simetría, sino más bien, como práctica de la hospitalidad y el acogimiento del recién llegado. Acontecimiento que nos acerca a ese sentido levinasiano de no encerrar y obturar al otro en abstracciones teóricas educativas; por el contrario, es abrir la puerta al hontanar de posibilidades que genera el encuentro infinito con el Otro (Bárcena & Mèlich, 2000); de este modo, se fusiona el deseo de saber-comprender y la certeza de que en el encuentro, todavía hay mucho que decir y acontecer. El acontecimiento es una apertura de posibles, un habitar continuo de preguntas y respuestas, la apertura a un proceso imprevisible, riesgoso, impredecible (Lazzarato, 2007).

Cuando se hace un llamado a la consideración de los saberes acumulados por la historia, renglón seguido, hay que llamar la atención sobre el sentido común, sobre la sabiduría popular, tradicionalmente, relegada por los discursos “serios”. A este respecto podríamos decir que si queremos una educación aferrada al mundo de la vida, no podemos distanciarnos de este conocimiento: “conviene por lo tanto devolver sus cartas de nobleza a las distintas expresiones de ese sentido común y hacerse intelectualmente cargo de las mismas. Eso es lo que introduce una razón sensible que, fiel a las exigencias de rigor propias del espíritu, no olvida que debe permanecer arraigada en aquello que le sirve de sustrato, y que le da, a fin de cuentas, toda su legitimidad” (Maffesoli, 1997). Así pues, la escuela debe recuperar los ecos del conocimiento ordinario, primer fantasma al que la escuela intenta exorcizar por todos los medios pero que, afortunadamente, todavía ronda (no es sino observar un grupo de muchachos a la hora del recreo).

Quedan muchos elementos más por considerar, bajo este apartado experiencial, pero no podemos

dejar que se agote sin considerar el valor pedagógico del juego. El conocimiento desde la experiencia, el conocimiento que inserta al estudiante en el mundo de la vida, puede tener como herramienta privilegiada el juego en tanto permite reconciliar lo abrupto de la realidad con la posibilidad de dar sentido; la precisión del concepto, con la exploración de significados y lo estático del papel, con los movimientos corporales. El juego permite la transformación del conocimiento, la pluralidad de miradas, la deconstrucción de aquello que es tomado como verdad. Él hace parte de nuestros más grandes afectos y emociones, no es algo irracional, no cambiamos de mundo por jugar, ni se nos olvida quienes somos; jugamos asumiendo decisiones al interior de nosotros mismos y de los otros, por tanto, no jugamos alejados de nosotros ni de los demás. Juego y Ser co-existen, “ocupan la noche y su vigilia, mezclan lo onírico y lo real, disuelven las formas a la manera de la luz que borra las líneas de las rocas” (Duvignaud, 1997). Con él podemos sentir diversamente.

En tal sentido, en el juego, el sujeto se expone no como mera elaboración de discursos, expone su cuerpo y se encuentra con el cuerpo de los otros, se cuida y cuida del otro tejiendo redes intersubjetivas. El juego permite vivenciar una característica esencial del mundo de la vida, a saber, que “el mundo cotidiano no es privado sino comunitario. Las relaciones que en él tienen lugar no solamente se establecen sobre objetos, sino sobre otros sujetos; es un mundo compartido que se caracteriza por la *coexistencia*” (Mèlich, 1994).

MUNDO DE LA VIDA, EDUCACIÓN E INTENCIONALIDAD

El concepto de intencionalidad es central en la fenomenología, aunque es una de las mayores piedras de toque entre Husserl y sus seguidores. Levinas, por ejemplo, sostiene que Husserl reduce este concepto a lo meramente cognitivo (Levinas, 1991); sin embargo, hay varios autores que rebaten esa lectura levinasiana y de gran parte de la tradición fenomenológica, sobre todo francesa (para una exposición de la polémica Levinas – Husserl, en torno a la concepción de intencionalidad y demás, ver Aguirre, 2008).

Dejando a un lado estas importantes discusiones podemos afirmar que nuestra conciencia está volcada hacia los objetos que se muestran a la conciencia. Esto

es intencionalidad; nos encontramos siempre ante las cosas, ellas se nos aparecen, nacen ante nosotros, lo cual, permite identificarnos y diferenciarnos en medio de ellas (Aguirre & Jaramillo, 2006). Por más que queramos hacer de nuestros salones de clases sitios donde se enseña un contenido teórico, siempre estaremos remitiéndonos a vivencias de nuestro mundo cotidiano, con el fin de que los estudiantes comprendan “desde dónde” nos queremos hacer entender.

La separación objetividad – subjetividad, se encuentra permanentemente en los textos de clase, en las lecciones orales y en exámenes escritos que evidencian un criterio de calificación, más no de evaluación. Sin embargo, si comprendemos como maestros que nuestro ser es en el mundo, el sedimento para compartir un “contenido de clase” será nuestra experiencia relacionada con el contenido y no sólo lo que el libro de texto dice acerca de lo que se debe orientar. Nos explicamos: si en una clase de biología se enseña un contenido acerca de los beneficios y diferentes matices que tienen las hojas del árbol de eucalipto y, seguidamente invitamos a los escolares a que dibujen dicho árbol, el maestro podrá –antes de exponer la teoría acerca de los árboles de eucalipto– preguntarles a los niños y niñas si conocen un árbol de eucalipto o si sus madres han hecho uso de sus hojas secas para remedios caseros o, si ellos saben a qué huelen las hojas de eucalipto; sumado a lo anterior, el maestro podrá contarles su experiencia relacionada con las hojas de eucalipto, o sea, si las ha utilizado con un fin determinado. Con las experiencias de los niños, niñas y el maestro entran en escena elementos constitutivos de su ser cotidiano: el recuerdo, lo vivido...lo sucedido.

Continuando con la clase, se les puede pedir a los niños(as) que representen el árbol de eucalipto con sus hojas en el cuaderno, pero con el vital de sus experiencias acerca de lo que cada uno de ellos representa por árbol y hojas de eucalipto, con su respectivo color, cuento y olor, y no sólo la representación gráfica de éste. La diferencia del anterior ejercicio, con el que convencionalmente se hace –que es pedirles que dibujen un árbol y después lo pinten – es que, por el contrario, será el color, el de las hojas del árbol, lo que les permitirá dar los contornos de hoja y no la representación delineada de la hoja. Cézanne diría: el color y el dibujo ya no son algo distinto; a medida que se pinta, se dibuja. Así es nuestra experiencia intencionada en el mundo de la vida, en la medida que vamos siendo nos inventamos el mundo... nuestro

mundo, y esto no es fantasía, es realidad que nos permite comprender que siempre existe un mundo que pintar y soñar, del cual, poco a poco emergerán los contornos dibujados de nuestra subjetividad que va más allá de lo que nuestros datos sensoriales nos comunican:

“Quien nos enseña a distinguir nuestros sentidos es la ciencia del cuerpo humano. Lo vivido no lo reencontramos o lo construimos a partir de los datos de los sentidos, sino que se nos ofrece de golpe como el centro de donde proceden. Vemos la profundidad, lo aterciopelado, la suavidad, la dureza de los objetos; Cézanne decía incluso: su olor” (Merleau-Ponty, 2000).

La intencionalidad nos visibiliza como seres de experiencia, nos devela y des-vela al vernos en medio de prácticas escolares que pueden tener más sentido para nuestros estudiantes; desde esta pretensión, nos preguntaríamos: ¿cómo hacer para dejar de asumir nuestras prácticas como externas a... sino como parte de...?, aquí no nos queda otra salida que ponernos en situación y expresar, desde nuestra subjetividad, lo experimentado de nuestra prácticas pedagógicas. Un ejemplo interesante de esto, lo constituye la investigación llevada a cabo por Tan & Calabrese (2008), sobre las historias de las latinas Amelia y Ginny, donde se problematiza la cuestión de la identidad una vez ingresan al mundo de la escuela; tal análisis se realiza a partir del concepto de mundo de la vida y se llega a concluir que: “las historias de Ginny y Amelia vuelven problemática la noción de unos límites claros entre los mundos de la vida de las minorías de estudiantes y el mundo escolar. Ellas retan el tradicional mundo de la escuela y nos muestran su éxito al crear nuevos mundos de la escuela en las que interactúa tanto el mundo de la escuela como sus mundos de la vida”.

Intencionalidad no es adecuación del objeto o sujeto a nuestra necesidad es por el contrario, vernos en la seguridad-inseguridad de no saber cómo orientar un determinado tema desde nuestra experiencia...mas sí el querer hacerlo; seguidamente, comenzarán a surgir multiplicidad de posibilidades vividas y empezar a creer que cualquiera de ellas puede ser válida para los sujetos-escolares que hacen parte de nuestra clase. En la intencionalidad, la dureza finita de un contenido temático se quiebra para dar paso a infinitud de posibilidades; es puestos en situación con lo que hacemos, como

empiezan a estallar los contenidos programáticos de una clase; de esta manera, ya no adecuo la clase solamente a la orientación de lo planeado sino a lo vivido y sucedido que ella comporta; la intencionalidad es inadecuación por excelencia, infinidad misma de lo que podemos ser, hacer y dejar de hacer (Levinas, 1977). En la clase nos encontramos co-implicadamente con los estudiantes para hablar de una parte de mundo que se encuentra enlazado con el todo de nuestro mundo; hablar de una parte de él, es la que nos ocupa temporal y carnalmente, ya que, de alguna manera, conversamos de nuestra relación de un mundo complejo-vivido, del cual todos somos parte.

Bajo el prisma de la intencionalidad, ya no educamos a los otros sino que nos educamos con ellos, somos interesados respecto al tema que queremos enseñar; la clase nos sorprende cuando la compartimos con los otros; los conceptos se desbordan para crear otras posibilidades de acción. Muy bien lo afirma Stetsenko (2007): “la vida cotidiana, el mundo de la vida mismo no existe antes o fuera de las acciones de los individuos y requiere ‘comunidad real’ con las acciones concretas que las personas realizan. Es el hecho concreto, siempre consciente de los demás y sus voces, lo que es el centro axiológico alrededor del cual giran nuestras existencias”.

Como educadores-educandos estamos llamados a trabajar desde lugares significados por sujetos que nos comparten su saber, así como seres intencionales, donde colocamos no sólo la puesta en escena de un conocimiento objetivo, sino nuestra potencialidad vivida en toda su expresión. Por tanto, estamos convocados a darnos sentidos de expansión, con el propósito de proyectarnos con potencia en un mundo llamado vida que, por la influencia de un capitalismo progresista que apela a la competitividad, se nos hace cada vez más formal y cerrado.

La escuela nos invita a trabajar con personas: “yo persona en relación con otras personas en la construcción de un ser humano que está emergiendo constantemente en cada uno de nosotros, pronto a nacer, surgir y actuar para entrar en la luz de la vida preactiva” (Feitosa & Kolyniak, 2006). Para ello, es preciso dar comienzo desde nuestro mundo vital; es posible preguntarnos entonces: ¿Cómo nos colocamos en situación en la escuela? Mientras no nos posicionemos en un tiempo y un lugar como

sujetos-sujetados de un mundo intencional, difícilmente daremos el salto que añoramos en la educación: de mundo objetivo a mundo de la vida.

CONSIDERACIONES FINALES

Al principio del artículo pensamos en el Fernando Silva que toca la realidad enunciado por Galeano. Es hora de volver a pensar en él y mirar cómo la verdad (o más bien su verdad contada, tan infiel a la precisión que puede sonar al oído del experto como mentira), está anclada en el mundo de la experiencia. Silva no debate sobre lo que la escuela transmite, sobre los libros de texto o las tareas que se deben hacer para mañana (sin dejar de ser importantes); más aún, no debate, cuenta (de ahí la necesidad de una actitud poética) y sus cuentos no están distanciados de lo contado, están como ingredientes de sus palabras y sus gestos. Silva no cuenta lo extraño, cuenta lo que ve apenas abre las ventanas de su casa o de su memoria. Como médico, no desprecia el sentido común, lo asume en su práctica. El saber de Silva está mediado por múltiples factores, ninguno de ellos desligado de la experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, J.C. 2008. El no seguir el camino o las rutas abiertas del hereje. Ponencia presentada en el III Congreso Iberoamericano de Filosofía. Medellín: Universidad de Antioquia/Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía.
- AGUIRRE, J.C. 2006. Estatus epistemológico de la conversación y sus aportes a la práctica investigativa". Cinta de Moebio [en línea], número 25. Disponible en: <http://www.moebio.uchile.cl/25/aguirre.htm> (con acceso 25/08/08).
- AGUIRRE, J.C.; JARAMILLO, L.G. 2008. Investigación en el aula: más allá de estar a la moda". Rev. Educación y Educadores. Universidad de la Sabana. Bogotá. 11(1):43-54.
- AGUIRRE, J.C.; JARAMILLO, L.G. 2006. El otro en Levinas: Una salida a la encrucijada sujeto – objeto y su pertinencia en las ciencias sociales". Rev. Latinoam. Cienc. Soc. Niñez y Juventud. Cinde-Universidad de Manizales. 4(2):47-72.
- BÁRCENA, F.; LARROSA, J.; MÈLICH, J.C. 2006. Pensar la educación desde la experiencia. Rev. Portuguesa de Pedagogía. 40(1):233-260.
- BÁRCENA, J.; MÈLICH, J.C. 2000. La Educación como acontecimiento ético. Barcelona: Paidós Iberoamérica. 208p.
- DUVIGNAUD, J. 1997. El Juego del juego. Bogotá. Breviarios: Fondo de Cultura Económica. 184p.
- FEITOSA, A; KOLYNIAC C. 2006. Mudanzas: Horizontes desde la Motricidad. Colección en acción. Popayán: Universidad del Cauca. 204p.
- GALEANO, E. 1997. Suciedades/3. El libro de los abrazos. Santafé de Bogotá: Tercer Mundo Editores S.A. 280p.
- GÓMEZ – HERAS, J. 1989. El a priori del mundo de la vida: fundamentación fenomenológica de una ética de la ciencia y de la técnica. Barcelona: Anthropos. 382p.
- HSU, P.L. 2007. Analyzing science discourse from a language games perspective. Cultural Studies of Science Education. 2(1):281-290.
- HUSSERL, E. 1991. Crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental (trad. Jacobo Muñoz y Salvador Mas). Barcelona: Crítica. 366p.
- JARAMILLO E., L.G. 2006. Motricidad Humana: ¿Cultura del cuerpo o cuerpo cultural? En: Memorias del VIII Congreso Internacional de Fenomenología. Sociedad Española de Fenomenología. Valencia: Facultad de Filosofía: Universidad de Valencia. 16p.
- LAZZARATO, M. 2007. El acontecimiento y la política: filosofía de la diferencia y ciencias sociales. En (Zuleta, Cubides y Escobar. Ed.): ¿Uno sólo o varios mundos? Diferencia, subjetividad y conocimientos en las ciencias sociales contemporáneas. Bogotá, Universidad Central: Siglo del Hombre Editores. p.23-36.
- LEVINAS, E. 2005. Reflexiones sobre la «técnica fenomenológica». En: Descubriendo la existencia con Husserl y Heidegger. Madrid: Síntesis. p.163-180.

- LEVINAS, E. 1977. Totalidad e Infinito: ensayo sobre la exterioridad. Salamanca: Sígueme. 315p.
- LEVINAS, E. 1991. La conscience non-intentionnelle. En: Entre Nous; essais sur le penser-a-L'Autre. Paris: Grasset. p. 132-142.
- MAFFESOLI, M. 1997. Elogio de la razón sensible. Barcelona: Paidós. 270p.
- MÈLICH, J.C. 1994. Del extraño al cómplice: la educación en la vida cotidiana. Barcelona: Anthropos. 202p.
- MERLEAU-PONTY, M. 2000. Sentido y sinsentido. Barcelona: Península. 277p.
- PACI, E. 1968. Función de las ciencias y significado del hombre. México: Fondo de Cultura Económica. 375p.
- PINEDA, D. 2004. Filosofía para niños: el abc. Bogotá: Editora Beta. 143p.
- QUINTAR, E. 2004. Colonialidad del pensar y bloqueo histórico en América Latina. En: Sánchez, I.; Sosa R. Coord. América Latina: Los desafíos del pensamiento crítico". México: Siglo Veintiuno Editores. p.180-204.
- SAN MARTÍN, J. 1987. La fenomenología de Husserl como utopía de la razón. Barcelona: Anthropos. 208p.
- STETSENKO, A. 2007. Being-through-doing: Bakhtin and Vygotsky in dialogue. Cultural Studies of Science Education. 2:746-758.
- TAN, E.; CALABRESE, A. 2008. Unpacking science for all through the lens of identities-in-practice: the stories of Amelia and Ginny. Cultural Studies of Science Education. 3(1):43-71.

Recibido: Abril 23 de 2008.

Aceptado: Septiembre 15 de 2008.

PENSAMIENTO GEOMÉTRICO EN LAS MOCHILAS ARHUACAS

GEOMETRIC THOUGHT IN THE ARHUACAS KNAPSACKS

Armando Aroca Araújo ¹

RESUMEN

La mochila arhuaca es un objeto precolombino fecundo en belleza y desarrollo de pensamiento geométrico ancestral. Por esa riqueza serán tres las perspectivas de análisis que presenta este artículo, ante la complejidad de los diseños que le dan configuración y atavío a ella: 1. Se hace relación al desarrollo de pensamiento geométrico-simbólico, que se establece al elaborar la mochila arhuaca. 2. Se presenta un análisis detallado de los procesos etnomatemáticos que se incorporan al tejer las *figuras tradicionales* en la parte lateral de la mochila, luego un análisis de las gasas y, por último, un análisis de los diseños que se muestran en los fondos de las mochilas, que se divide a su vez en tres categorías: fondos que definen espirales, fondos que definen anillos concéntricos y aquellos que combinan anillos concéntricos y figuras tradicionales. 3. Se presentan algunas reflexiones sobre los aportes educativos que podría dar la etnomatemática que las mujeres arhuacas desarrollan en las mochilas; estas tienen que ver, entre otras, con la importancia del color a la hora de desarrollar pensamiento geométrico. La inexactitud que hay en las medidas y sus consecuencias similares, en cuanto al desarrollo de conceptos geométricos escolares.

Palabras clave: Mochilas arhuacas, etno-matemáticas, análisis geométrico, educación, etno-educación.

SUMMARY

It is the arhuaca knapsack a fertile pre-colombian object in beauty and development of ancestral geometric thought. Due to its wealth, three are the perspectives of analysis presented in this article, in the presence of the designs complexity that provides them configuration and beauty: 1. Reference is made about the development of the geometric-symbolic thought when elaborating the knapsack. 2. A detailed analysis of the ethno-mathematic processes which are incorporated when knitting the traditional figures of the lateral part of the knapsack is presented, next an analysis of the gauzes is made and, finally, an examination is realized of the designs shown in the bottoms of the knapsacks, divided into three categories: bottoms that define spirals, those that define concentric rings and those that combine concentric rings and traditional figures. 3. Some reflections on the educational contributions of the ethno-mathematic developed by the arhuacas women in the backpacks are presented; these have to do, among others, with the importance of the color when developing geometric thought, and with the inaccuracy that exists in the measures and their similar consequences towards the development of similar scholar geometric concepts.

Key words: Arhuacas knapsacks, ethno-mathematics, geometric analysis, education, etno-education.

¹ Licenciado en Matemáticas y Física – Universidad Popular del Cesar (UPC). Especialista en docencia para la Educación Superior – Universidad Santiago de Cali (USC). Magister en educación con énfasis en Educación Matemática – Universidad del Valle (Univalle). Dirección para correspondencia: calle 62N No. 2AN-68, barrio los Alamos. Apto H-203. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. E-mail: aaroca@usc.edu.co, aroca@etnomatematica.org

INTRODUCCIÓN

Dieciséis Figuras Tradicionales que se tejen en las mochilas arhuacas.

Es difícil encontrar en la comunidad indígena arhuaca, comunidad residente en la Sierra Nevada de Santa Marta de Colombia, un objeto distinto a sus mochilas que atrape y armonice cultura, estética y pensamiento matemático. Lo importante en ellas no es su interpretación ornamental, es la diversidad de ideas geométricas ancestrales que se visualizan gracias al *color-forma*, que es empleado para dar forma a una *figura tradicional*. Todo este pensamiento es desarrollado por la mujer arhuaca. ¿Qué es una figura tradicional? Es un diseño que cumple ciertas condiciones: 1) Cualquier mujer a cierta edad la puede tejer, 2) es reconocida como tal por gran parte de la comunidad, 3) tiene simbolismo que está relacionado con objetos físicos o mentales, 4) su estética se da en la puntada apretada y minuciosa y la conjugación de colores vivos o parcos (el color-forma) y 5) tiene congelado un pensamiento matemático que le da estructura y que le confiere a la figura representatividad. Estas conclusiones fueron aportes, en algunos casos, de mamás y mujeres arhuacas.

Los procesos de simetría, fundamentalmente, transformaciones geométricas en el plano, que al parecer tienen estrecha relación con la división ritual de la *Kankurwa* (la casa sagrada), son los que generan admiración visual, es decir, esa apreciación estética genera un pensamiento, porque hay un diseño ancestral que produce orden y, en este caso, lo causa la aplicación de procesos geométricos que se construyeron por fuera de la matemática escolar. Dichos procesos pertenecen a lo que se podría denominar el patrimonio matemático local, que es transferido de generación en generación, de una madre a sus hijas. Ese pensamiento matemático interviene en cada una de las dimensiones esenciales de una mochila arhuaca: número de puntadas, diámetro del fondo, longitud de la gasa, radio de la boca y altura de la mochila (número total de vueltas). Estas dos últimas son fundamentales para determinar el periodo del *patrón figural*, es decir, cuántas veces se repite horizontalmente la *figura mínima*, que sirve, a partir de procesos repetitivos de tejeduría, para hacer la figura tradicional. La figura 1, muestra los parámetros básicos de una mochila arhuaca, cuya figura tradicional es Kanzachu.

Interpretando a las indígenas arhuacas entrevistadas, cuyo proceso se realizó en Valledupar o en las estribaciones sur occidental o sur oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, muchas figuras que se tejen en la actualidad son producto de la imaginación de la tejedora o exigencias del comprador. Esto implica variación en los patrones figurales, cambios en el orden y hasta pérdida gradual del patrimonio matemático que ellas manejan de otrora; en otras palabras, las variaciones de los *patrones geométricos* de los diseños pueden implicar también una derrota a la permanencia del simbolismo que identifica la cultura de los arhuacos.

Respecto a la relación simbolismo y geometría, se puede analizar que si un diseño tiene simbolismo entonces puede tener una configuración geométrica, y puede ir desde una transformación simple hasta una que incorpore diseños bidimensionales. En la mochila arhuaca está impresa y expresada la **cosmovisión**, la **cosmogonía** y, con mayor fuerza, la **cosmología** que los arhuacos tienen de su mundo; es decir, los tres niveles de significación del mundo (Milla, 1991). La mochila al ser un objeto simbólico mediado por la abstracción geométrica es también una extensión de esa concepción, esto toma mayor fuerza, al saber que las indígenas arhuacas adquirieron de su entorno físico y de sus mitos algunos referentes que fueron sacralizados mediante figuras tradicionales, dando así una connotación diferente de otros: aquellos que fueron sacralizados, sólo por el mito, carecen de un nivel más representativo que es la visualización (Figura 1 en Aroca, 2008).

La palabra geometría no existe en el lenguaje de los arhuacos y ellos al usarla la dicen en español. Las etno-matemáticas, término establecido por Ubiratan D'Ambrosio, en entrevista con Blanco (2008), muestran que muchas culturas del mundo le han dado un significado distinto a la geometría. Su etimología fue enseñada en occidente como *geo = tierra y metría = medición, medición de la tierra*; para el caso de los arhuacos, la palabra debe ser contextualizada. El mismo espacio sagrado tiene medidas simbólicas y Orozco (1990) así lo explica: "Aunque la creación del mundo en espiral sugiere la figura del cono como imagen de la Sierra, no obstante, la imagen del mundo que tienen los arhuacos es la de pirámide de base cuadrada y compuesta por cuatro pisos, la que además tiene su correspondiente simétrico hacia abajo, que será también otra pirámide de cuatro pisos". El concepto de medida comporta significaciones diferentes para referirse a

la situación que ocupa en el espacio el individuo y su comunidad. En los arhuacos la “geometría” es como un pensamiento al servicio de la identidad cultural.

Por otro lado, existen apuntes de cronistas españoles que Reichel-Dolmatoff (1951) sistematizó, donde se da cuenta de las prácticas de espartería y cestería de los Tayronas y de la descripción de esta actividad e información sobre el tejido de algunas figuras de animales. Por su parte, Vilanesa (1952) afirma lo siguiente: “Todos los arhuacos usan la mochila como un complemento de su vestido. Las figuras representan animales totémicos: escorpiones, arañas, búhos, sapos, serpientes y leones”. De esto, existe una gran coincidencia entre las observaciones de aquellos cronistas y Vilanesa, que hace pensar que a pesar de la brusca desaparición de los tayronas y consecuente aparición de los arhuacos, varias de sus prácticas sociales no desaparecieron y permanecen hasta el día de hoy. En este sentido, deberían permanecer los patrones geométricos que se utilizan para la elaboración de dichos diseños. A manera de hipótesis, se podría

plantear que, ante la invasión simbólica de una cultura, lo más resistente en una cultura local, son sus patrones geométricos diseñados comunitariamente y es por eso que, independientemente, de la materia prima utilizada, las formas se parecen y se identifican en contextos distintos. Por ejemplo, en Castaño (1986), se encuentra lo siguiente: “La lana de oveja apareció en el siglo XIX traída por los españoles y fue reforzada por la Misión Capuchina a principio del siglo XX, quienes aumentaron la cantidad de ovejas”, luego “la lana acrílica, o sintética, apareció en la segunda mitad del siglo XX, llevada por la comercialización e industrialización de la época moderna”. Y en este tiempo, los diseños permanecieron, es decir, que los patrones geométricos resistieron.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener los resultados, se procedió así: Las figuras están constituidas por fotografías, dibujos o gráficas hechas por el autor. La figura 1, fue un dibujo elaborado a principios del año 2008, basado en una de

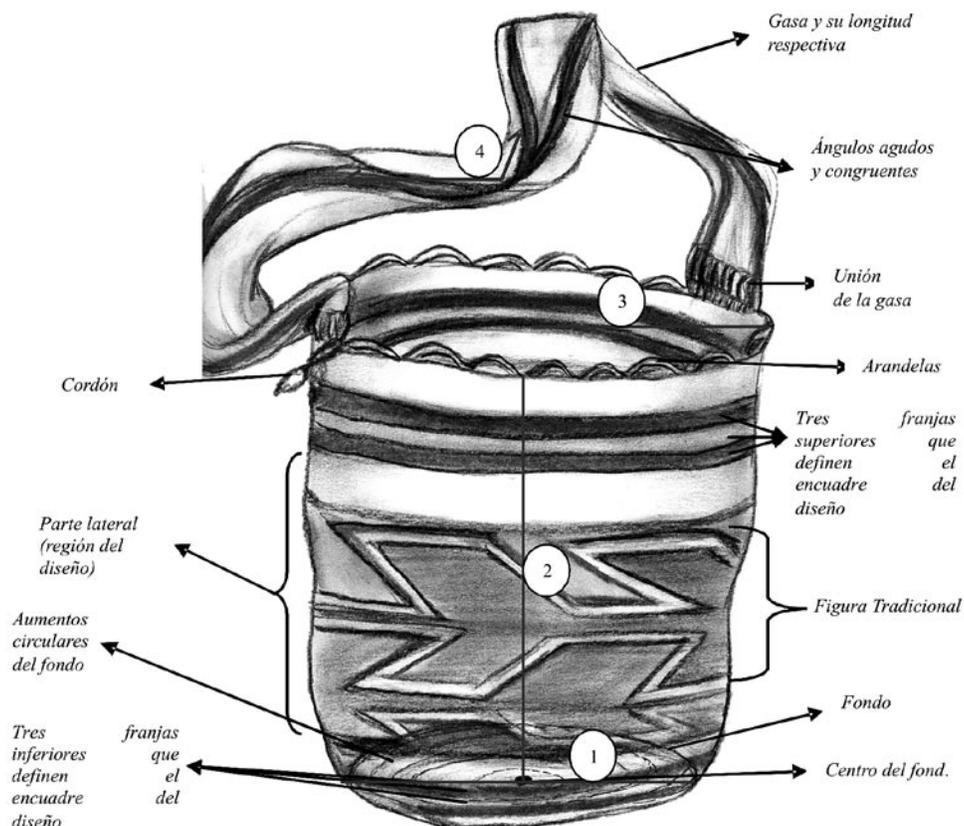


Figura 1. Mochila con sus partes más representativas. Las medidas esenciales en una mochila arhuaca son: 1 = Diámetro del fondo; 2 = Altura de la mochila; 3 = Radio de la boca; 4 = Longitud de la gasa.

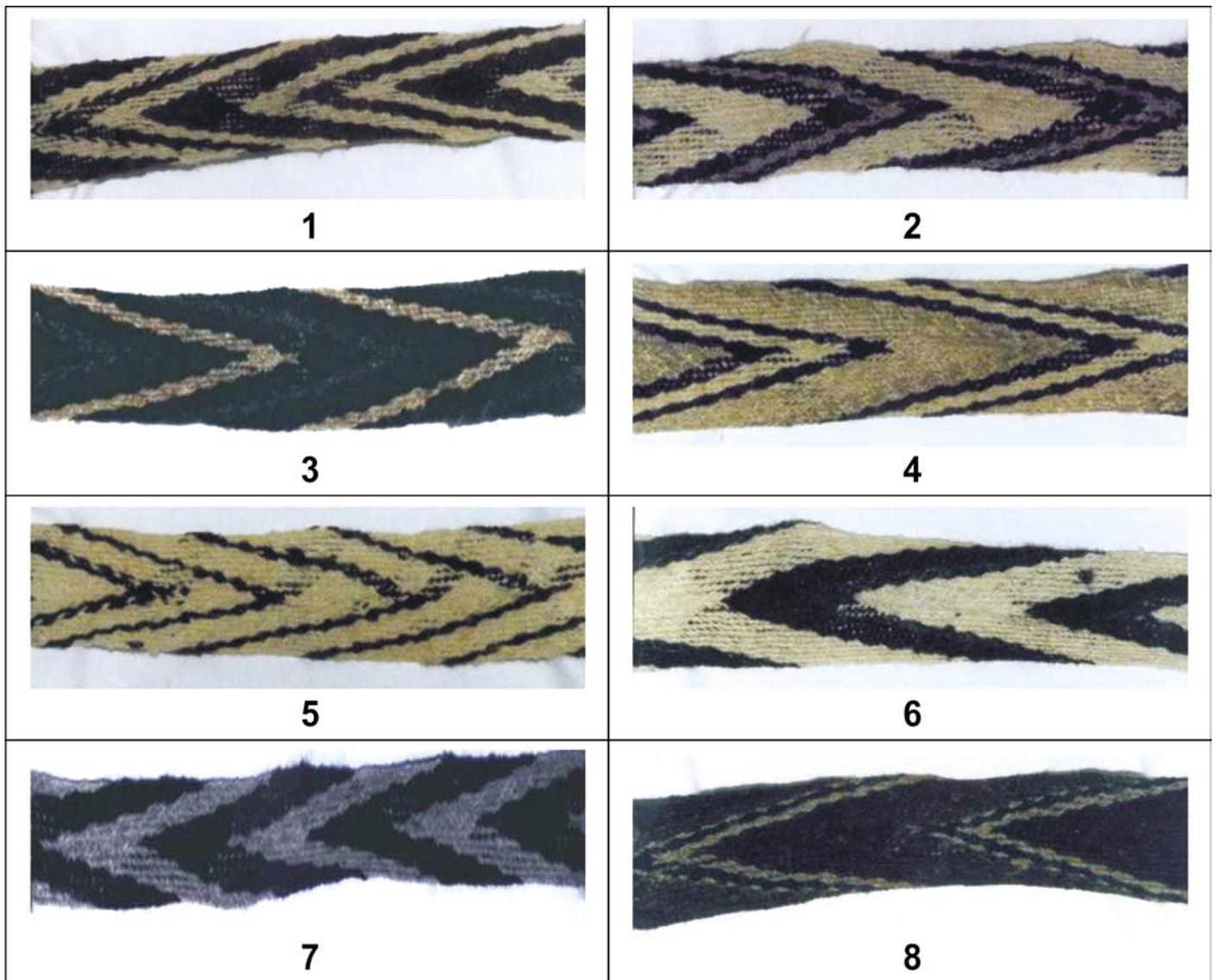


Figura 2. Gasas de ocho mochilas arhuacas.

las mochilas del autor; la figura 2, muestra fotografías de gasas tomadas en Valledupar, en la Casa Indígena, en Pueblo Bello y en Nabusímake y el proceso para las fotos de la figura 3 fue similar. Los otros fondos, fueron dibujos hechos en Nabusímake y en Valledupar. En algunos casos, se diseñaba rápidamente un croquis y algunos parámetros que luego se reproducían. Fueron alrededor de 100 dibujos que se hicieron entre fondos, gasas y figuras laterales; se tomaron alrededor de unas 200 fotos. Las gráficas de la tabla 1, que se hicieron en el 2007B, son copias de las figuras tradicionales clasificadas en la figura 1, en Aroca (2008). Para las gráficas de la tabla 2 y para la figura 4, se empleó

el Cabri2plus_142_Spanish.exe. Para poder obtener datos, como medidas angulares y longitudes, se usó un transportador y una regla. La observación, sin duda alguna, fue una herramienta esencial para obtener varias imágenes y conclusiones, se realizó en los lugares ya descritos más en un almacén y una residencia (en el sector conocido como “El Boliche”), en el centro comercial de Valledupar, que frecuentan los indígenas arhuacos. Todas estas actividades se hicieron entre los años 2005 y 2006. Algunos de los datos obtenidos no hubiesen sido posibles obtenerlos sin la colaboración de varios y varias indígenas arhuacos.



Figura 3. Algunos fondos en distintas mochilas arhuacas.

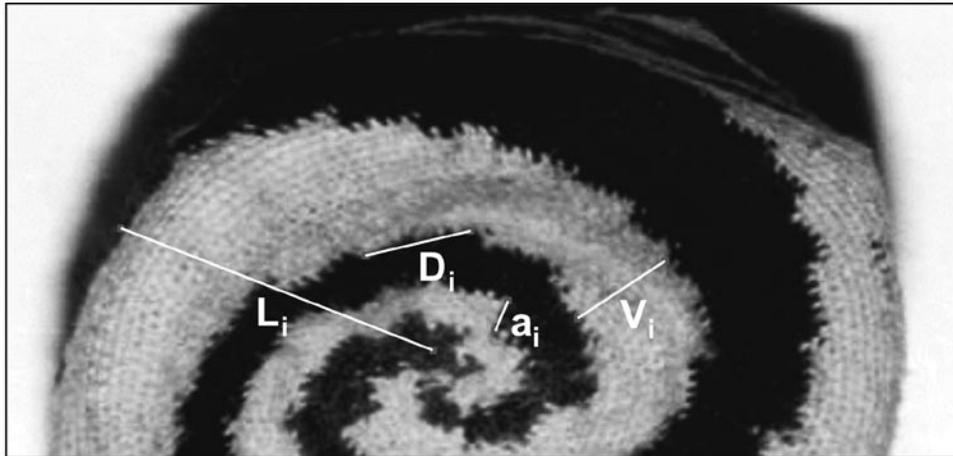


Figura 4. Parámetros variables en el fondo de la mochila que contiene a Urumu.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tres partes de configuración geométrica en la mochila arhuaca

La figura 1 (Aroca, 2008) y las figuras 2 y 3 muestran las tres partes de configuración geométrica de una mochila arhuaca: la parte lateral, la gasa y el fondo. Por ejemplo, en la parte lateral de la mochila, no es posible hacer trazos curvos, en cambio en los fondos la *curva* si es posible. En la gasa solo se tejen ángulos agudos que muestran una congruencia entre sí. Después de definido el fondo, se procede a la elaboración del tejido de la parte lateral, que se teje en forma ascendente en espiral continua o fraccionada, siempre de izquierda a derecha. Fraccionada quiere decir, que según sea la figura tradicional, se puede ir tejiendo partes repetitivas de la figura. Entre ellas, se deja un espacio que es rellenado después. La congruencia de los ángulos agudos u obtusos, se obtiene mediante los conceptos “*muy largo*” o “*muy corto*” en segmentos (última fila de la tabla 1). En el análisis geométrico no es posible dejar de lado el color, el cual, se asume como forma y no como ornamento. El color juega un papel muy importante para captar los patrones en una configuración. El color también da ritmo, sus combinaciones y alternancia proporcionan configuración, estructura. Él posibilita el análisis geométrico y es como un mapa que devela saberes ancestrales. No se puede tejer una figura tradicional si no se incluyen, al menos, dos colores. En el diseño no hay pensamiento geométrico si no hay un juego de colores.

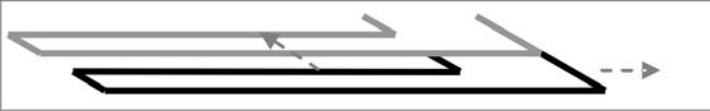
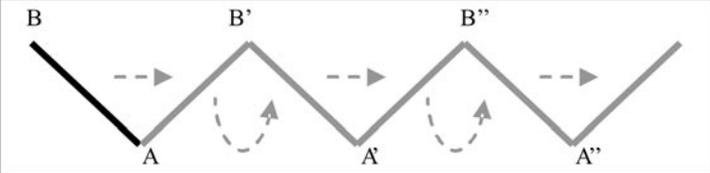
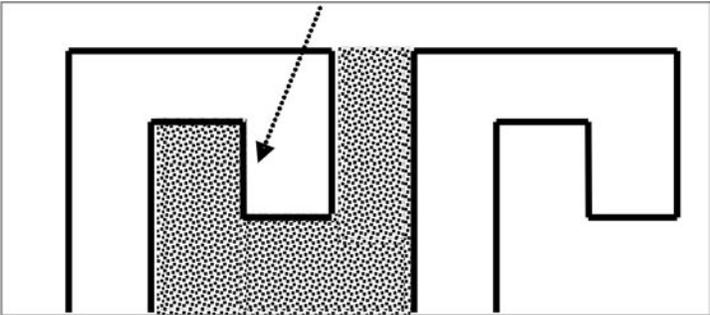
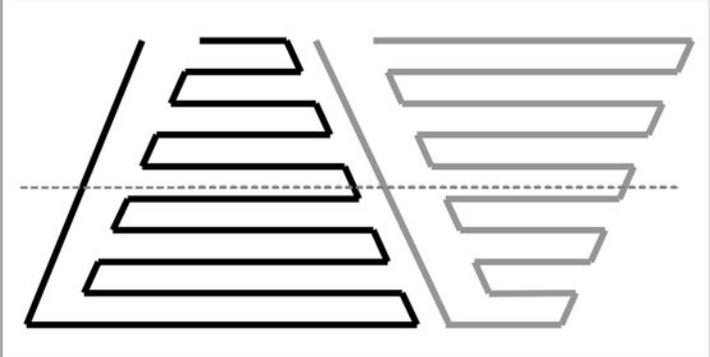
Las perspectivas de construcción en la parte lateral

Varias de las transformaciones geométricas en el plano, se encuentran en la construcción de las figuras tradicionales, empleadas para dar ritmo, estética a la figura diseñada y representar la identidad cosmológica. La forma de dividir un recinto sagrado puede influir en la configuración de un diseño; en consecuencia, los actos de diseño son regidos a partir de la concepción de orden que tiene la cultura. Entonces, bajo la perspectiva de las transformaciones geométricas básicas en el plano, se puede dar una muestra de esas ideas geométricas que las arhuacas construyeron sin influencia externa. La figura 1, en Aroca (2008) presenta 16 figuras tradicionales de ese desarrollo ancestral de ideas geométricas.

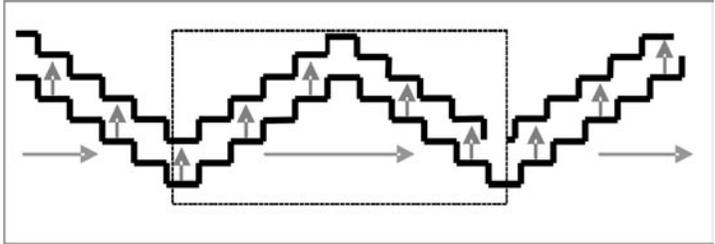
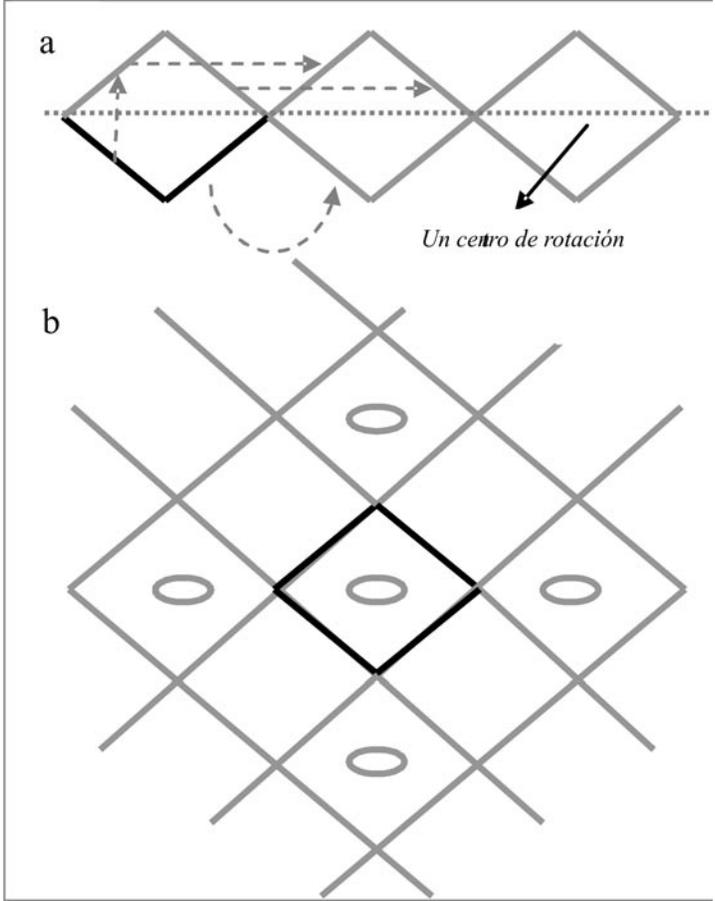
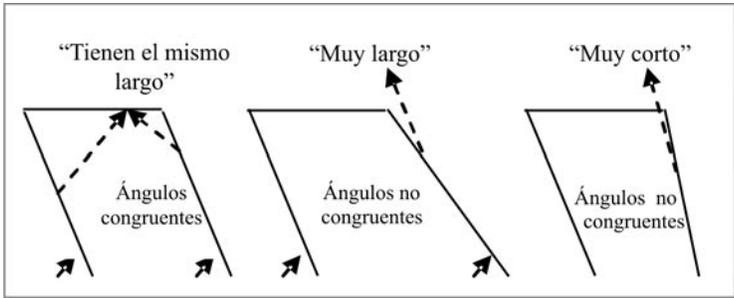
¿Cómo las arhuacas consiguen las transformaciones que se muestran en la tabla 1?

1) Ellas cuentan con dos unidades de medida que son la puntada y la vuelta. Por ejemplo, si en una vuelta de una mochila existe un trazo de n puntadas, simplemente, se vuelve a tejer sea por medio de una traslación, una reflexión, un deslizamiento, entre otros y es así como se consigue la simetría. Dicha medida se puede hacer usando los dedos o por medio de la observación. 2) En los arhuacos, su concepción de equilibrio, se refleja en la necesidad de incorporar la simetría y es por eso que si se teje un ala de un ave en movimiento, la perspectiva de diseño será aquella que refleje la otra. 3) Una vez más se valida que el desarrollo de pensamiento matemático

Tabla 1. Algunas transformaciones y desarrollos geométricos que se dan en la parte lateral de las mochilas arhuaca.

Desarrollo Geométrico	Representación
<p><i>Traslaciones del patrón figural de Zikamu. Un diseño bidimensional o cristalográfico del plano.</i></p>	
<p><i>Traslación horizontal de vector a del patrón figural de Kunsumana Cheirua. Sin duda implicaría también un diseño bidimensional de traslaciones.</i></p>	
<p><i>Rotaciones sucesivas de un segmento del patrón figural de Háku. Los puntos A y B y sus respectivas traslaciones serían los centros de rotación (las puntadas de rotación) que se alternarían en la configuración horizontal.</i></p>	
<p><i>Rotación en Kambiru. El punto medio del segmento señalado es donde se encuentra el centro de rotación de 180° del patrón figural. Se encuentra también un friso de traslaciones y rotaciones. Varias de estas interpretaciones dependen dónde se coloque el centro de rotación. La arhuaca en este caso privilegia solo las traslaciones.</i></p>	
<p><i>Reflexión deslizante en Kutía. Esta es una de las figuras de Kutía, fecunda en análisis geométrico. Por ejemplo, además de la reflexión deslizante que presenta, las costillas, presentan una contracción de razón menor que uno, mientras que en la figura transformada la razón es mayor que uno. Se podría incluso ubicar un centro de homotecia para mostrar, explícitamente, el proceso anterior.</i></p>	

Continuación Tabla 1.

<p><i>Traslaciones verticales y horizontales en la figura constituyente de Chinuzatu que generan elementos complementarios.</i></p>	
<p><i>Transformaciones, frisos y diseños bidimensionales tomando como referencia el patrón figural de Háku.</i></p> <p><i>Un friso, mostrado en la figura a, como el que genera a Háku, permite hacer diferentes análisis y mostrarle la riqueza de la configuración geométrica, tanto al profesor como a los estudiantes arhuacos, pues dependiendo el enfoque, se podría mostrar los cuatro tipos fundamentales de isometrías en el plano: reflexión respecto de una recta, traslación, rotación alrededor de un punto y deslizamiento.</i></p> <p><i>Por otro lado, la figura b muestra traslaciones en dos direcciones de la Figura Constituyente, creándose Háku en un diseño bidimensional, además de esto, se podría tomar como referencia la pinta de cascabel, en negrilla, para establecer sus cuatro rotaciones posibles con centro en el punto de corte de sus diagonales.</i></p>	
<p><i>Forma de obtener la congruencia de ángulos en un patrón figural.</i></p>	

se hace en todo contexto cultural. Bishop (1999) estableció las seis prácticas universales que generan pensamiento matemático (*contar, medir, explicar, jugar, localizar* y la concreta para este tema, *diseñar*), es decir, la geometría euclidiana no es universal. Lo universal son las prácticas que generan pensamiento matemático y sus similitudes que se encuentra entre las prácticas descritas. Alsina *et al.* (1989) establecen que en el friso se reconoce el orden y la periodicidad y que además, ellos, son patrimonio de todas las culturas. Reforzando aún más que las matemáticas son un producto cultural.

Construcción en las gasas

La gasa, se hace por separado y mediante un entrecruces de hebras de varios colores, en el cual, el primer dedo del pie (*el gordo*) sirve de soporte para elaborarla. El punto medio de la extensión de la gasa, por lo general, lo determina la distancia que media entre el codo y la mano. Llama la atención observar que del manejo complejo de estas hebras, salga una sucesión alternada de ángulos, prácticamente, congruentes en su amplitud. En las gasas de las mochilas arhuacas no simplemente “hay ángulos”; en esa banda geométrica, el color-forma juega un papel esencial a la hora de establecer procesos de configuración. Algunos detalles de las gasas, que muestra la tabla 2, sirven para hacer generalizaciones: los colores que más se emplean al utilizar lana de oveja, son: hueso (H), negro (N), marrón (M), cenizo (C), marrón claro (MC) y blanco (B). También, se puede incorporar una variedad significativa de tonos al usar el maguey teñido con tintes artificiales o naturales o usando lana sintética. En la tabla 2, se nota una muestra de la variabilidad que las arhuacas pueden usar con los ángulos, todos agudos, en un rango que podría oscilar entre 15° y 40° . Para este caso, el concepto de ángulo no se puede asumir como *porción del plano determinado por dos semirrectas con origen común* sino como *un par de segmentos de franjas de igual color que tienen dos de sus extremos comunes y que siempre forman un ángulo interno agudo*; a estos se les llamará *ángulos gruesos*. Lo que se pudo observar es que no había más de cuatro ángulos gruesos diferentes en una gasa. No se podría decir que la mínima cantidad es uno, porque en la gasa 7 de la tabla 2, se encontraría un contraejemplo, suponiendo que exista un color que sirva de plano de construcción, ¿cuál sería el ángulo en dicha gasa? En consecuencia, las configuraciones (el patrón figural),

se forman con dos, tres y cuatro ángulos gruesos y una amplia variabilidad respecto al ancho de las franjas que los definen. Sin duda, el ancho (aproximadamente 7cm) y el largo (aproximadamente 81cm) de la gasa establecen límites de configuración; en este sentido la columna No. 2 de la tabla 2 establece valores concretos. Este espacio es suficiente para que la mujer arhuaca desarrolle pensamiento geométrico. En la gasa también se puede notar una *línea central*, producto de los cortes transversales que se forma en los entrecruces; esa es la referencia para que converjan allí cada par de vértices de cada ángulo grueso, así la congruencia en su amplitud puede llegar a ser perfecta.

Construcción en los fondos

El ancho del fondo (aproximadamente 21cm de diámetro), se mide en ocasiones con la mano abierta y su tejido se hace en forma de espiral horizontal. En esta parte de la mochila, se pueden tejer trazos curvos que generan anillos concéntricos o se puede hacer visible la misma espiral, como lo muestran las fotos f_{11} y f_{12} de la figura 3. Las formas que en los fondos se tejen estarían dadas por tres grupos: 1). *El que define espirales*. 2). *El que define anillos concéntricos* y en este grupo, se podría pensar en dos clasificaciones: uno que solo define anillos concéntricos (Fotos $f_{21}, f_{22}, f_{23}, f_{32}$) y otro que combina anillos con círculos (Fotos $f_{13}, f_{31}, f_{33}, f_{41}, f_{42}, f_{43}$). 3). *El que define combinaciones entre el grupo 2 y las figuras tradicionales* (fotos f_{51}, f_{53}). Es el grupo de mayor complejidad en el diseño. Usemi (1976) presentó otros fondos, pero no se pudieron encontrar en las más de 300 mochilas que se fotografiaron o dibujaron.

Fondos que definen espirales

Si hay un fondo que define, a partir del color-forma, una espiral es porque en la parte lateral de la mochila está *Urumu* (*Caracol, la concepción del tiempo arhuaco*). Es en la única figura tradicional que pasa esto. En *Urumu*, la mujer arhuaca encuentra la posibilidad de tejer “curvas”, mediante una poligonal que se le aproxima por escalonamiento y lo puede conseguir, teniendo en cuenta que entre menos aumente las puntadas verticales puede conseguir el *trazo curvilíneo*, sea en el fondo o en la parte lateral, pero debido a que la superficie del trabajo de tejeduría es significativamente pequeño, no puede construir *curvas* muy cerradas sino abiertas. En una cara de la mochila no es fácil que pueda tejer de

Tabla 2. Configuración de ángulos a partir del color-forma.

	Número de veces que aparecen colores definiendo un ángulo	Configuración (Color – forma)	Patrón figural
1	7N, 7H	$H-N_1-H-N_2$	
2	3H, 3C, 6M	H-M-MC-M	
3	2H, 6N, 3C	H-N-C-N	
4	5H, 4N	H_1-N-H_2-N	
5	5A, 6N	H-N	
6	3N, 3B	B-N	
7	4C, 4N	C-N	
8	4M, 4MC, 7C	C_1-M-C_2-MC	

Para establecer esta configuración, se tomó como color inicial el tono más claro, en la mayoría sería el color hueso. Las letras que representan un mismo color pero con distintos subíndices indican que los ángulos formados tienen el ancho de la franja diferente. Además, esta configuración se toma cuando se cierra un ciclo, es decir, cuando se vuelve a tejer, por una traslación, el primer ángulo.

un momento a otro una *curva*, tal vez por dos razones: es más fácil tejer trazos rectos, debido al sistema de técnicas que se emplea y la demanda de tiempo y dos, por el conocimiento mismo de la tejeduría que es ancestral y paradigmática. En la construcción de Urumu, en la región lateral de la mochila, los trazos horizontales tienden a tener dos distancias de separación homogéneas, lo cual, permite el ascenso en espiral. Cosa distinta sucede en el fondo, allí la distancia de separación es creciente, pues el ancho de la espiral viene abriéndose. Aquí se muestra que hay dos miradas: una en el fondo de la mochila, donde se teje en espiral

pero definiendo una región circular, mientras que, en la parte lateral, se teje en espiral pero definiéndose una superficie cilíndrica; esto hace que la visión no abarque por completo la figura y habrá entonces que pensar cómo el ojo puede captar el ascenso en espiral en dicha superficie, eso, precisamente, lo logran las dos distancias de separación descritas (se describen como a_i y D_i). La figura 4 muestra algunos parámetros que son esenciales en la construcción de la espiral en el fondo de la mochila. Si a_i es muy pequeña, por ejemplo, tres vueltas y D_i está alrededor de 30 puntadas, se genera una sensación de franja curva.

Algunas características importantes de Urumu son: 1). Es la única figura tradicional que empieza desde el fondo. 2). Los parámetros de construcción en el fondo son completamente variables, en cambio, en la parte lateral, tienden a ser constantes. 3). En la parte lateral el número de vueltas a_i siempre es pequeño, oscila entre dos y cinco vueltas regularmente. 4). El punto inicial de a_i en el borde superior de la franja tiende, por lo general, a ser la puntada media de D_i en el borde inferior de la misma franja. 5). El número de vueltas V_i , que contribuye a generar el ancho ascendente en la parte lateral tiende a ser constante, aunque en el fondo es creciente. 6). En el fondo de la mochila tanto a_i como V_i son completamente variables y crecientes. 7). Hay un aumento progresivo de la distancia D_i a medida que se aleja del centro de la base y tiende a ser constante cuando llega a la parte lateral de la mochila. 8). A medida que el patrón figural se aleja del centro del fondo todos sus parámetros aumentan y tienden a ser constantes tan pronto tocan el borde inferior de la parte lateral de la mochila. 9). El color-forma juega un papel reflexivo en este grupo: del centro de la base puede arrancar un par de franjas de colores diferentes y cada par de estas franjas tienden a tener comportamientos simétricos entre sí. También, se puede dar un comportamiento simétrico hasta tres espirales distintas. 10). El inicio es un poco confuso; en promedio, después de las diez primeras vueltas, la franja define sus tres parámetros fundamentales D_i , V_i y a_i . 11). La franja avanza circularmente en espiral. 12). El aumento de V_i , a medida que se va acercando al borde inferior de la parte lateral de la mochila tiene un progresivo crecimiento que depende de la distancia de dicho borde al centro de la base, o sea, $|V_i| = kL_i$, donde k es una constante de proporcionalidad.

Fondos que definen anillos concéntricos

Algunas características de estos fondos son: 1). Hay relación de la configuración del fondo con el patrón figural de la gasa, la diferencia está en su forma. 2). Si se toma el punto central del fondo, a manera de un centro de homotecia, se podría notar que los anillos siempre aumentan su perímetro y con respecto a su ancho, existen tres posibilidades: se mantienen constantes, crecen o decrecen y esto lo indica el color-forma. Es posible no encontrar anillos sino un solo círculo o un círculo central y luego uno o varios anillos. No se supone que se puedan encontrar círculos concéntricos, pues esto lo restringe el color-forma.

Fondos que combinan anillos concéntricos y figuras tradicionales

Algunas características de este grupo son: 1). Las pocas figuras tradicionales que se incorporan en este grupo son alrededor de cuatro, principalmente, *Makuru* o parte de él. 2). Los ángulos que se forman al dividir los 360° del fondo en partes similares, pueden ser pequeños o grandes, o sea, $\frac{360^\circ}{n}$ donde n es el número de veces que se repite circularmente la figura tradicional en la región angular, por lo general, en la franja externa o central circulares de dicha región; esto se conoce también como un grupo de simetrías (Foto f_{51} , de la figura 3). 3). Todas las figuras tradicionales incorporadas juegan un papel de movimiento circular en torno al centro, confiriéndole así movimiento a la espiral que determina el fondo y, de paso, reafirmando la concepción del tiempo en los arhuacos. 4). Todas estas configuraciones se realizan “mirando” directa o indirectamente el centro del fondo de la mochila, el proceso de construcción tiene en cuenta todo el círculo de construcción, pero de una u otra forma también el centro, *el ombligo del mundo*.

Algunos aportes educativos desde la perspectiva etnomatemática

Sobre estas prácticas y saberes que se desarrollan en el tejido de las mochilas arhuacas, que además son parte del patrimonio matemático colombiano, se podrían tener en cuenta algunos aspectos o conceptos que probablemente tendrían algún aporte educativo.

Geometría de las aproximaciones

Todas las magnitudes equivalentes en una figura tradicional no son iguales, son aproximadamente iguales. Las culturas indígenas no buscan regirse por la exactitud; la rigidez de la geometría escolar aquí no existe. Su interés no radica en construir ángulos o lados congruentes, es decir, que las transformaciones geométricas que se realizan en las mochilas arhuacas no mantienen exactamente las medidas, pero sí casi la forma y el tamaño. El concepto de paralelismo y perpendicularidad que tienen las arhuacas les permite hacer los procesos anteriores. En esto se nota, claramente, que los instrumentos culturales juegan un papel destacado para construir las ideas. Las arhuacas nunca utilizan reglas para trazar líneas rectas en las mochilas. La “linealidad” de las puntadas radica en que

una de ellas, seguida de la otra, muestra, representa y da la imagen de esa idea de línea que hay en la mente de la tejedora. Esta *geometría de las aproximaciones* estaría clasificada en una inexactitud horizontal por puntada y una inexactitud vertical por vuelta.

La línea como optimizadora de formas

Se ha insistido que en la franja lateral de las mochilas no se tejen curvas, no en el fondo de ella. Para sortear su carencia, se recurrió a la línea para representar los objetos físicos y mentales. Esto obliga a que se tejan tres tipos de líneas: vertical, oblicua aproximada (izquierda o derecha) y horizontal que en conjunto generan paralelismo, perpendicularidad, transversalidad y franjas quebradas. Con el paralelismo dan grosor, anchura y hasta variación al objeto representado que lo incorpore. Por ejemplo, *Háku* es construido a partir de rectas oblicuas que se bisecan entre sí, lo cual, forma rombos. *Kunsumana Cheirua* y *Kunsumana Amía* son desarrolladas solo en función de un paralelismo quebrado.

Un pensamiento geométrico fecundo de cosmología y significado cultural

Los arhuacos consideran el mundo lleno de equilibrios: la lluvia sigue a la sequía; los cuatro niveles de arriba del nivel medio le dan forma reflexiva a los cuatro niveles inferiores del mundo. Esta cosmología está plasmada en la configuración geométrica de las figuras tradicionales, todas y cada una de las puntadas están guiadas por ella. Esto desde un orden del universo ya preestablecido, a partir de la misma creación del mundo, cuando *Kako Serankwa* lo concibió y *Urumu* le dio su forma. Cada puntada está saturada por una carga simbólica poderosa: cada figura geométrica, cada patrón figural están ligados a una creencia y sólo pueden ser expresadas mediante el colorido. Estas formas mentales toman su significación de la entidad física que las representaría, que es, a su vez, una construcción cognoscitiva.

Sin color, no hay desarrollo de pensamiento matemático en el diseño de las mochilas arhuacas

Sin más de un color, en el tejido de las mochilas arhuacas, no hay desarrollo de ideas geométricas diferentes a las que se pueden generar al tejer solamente la forma de la mochila; en este sentido, el color no es ornamento, es forma. El color codifica y recrea formas mentales

de objetos. Con el color existe otra manera de hacer geometría. El *color-forma* fue la herramienta escogida por las mujeres arhuacas para plasmar sus esquemas mentales culturales que la mitología ya había sacralizado. ¿Por qué las mujeres arhuacas y no las arzarias y las kogi pudieron desarrollar todos estos procesos complejos si los tres grupos cuentan con los mismos recursos? Valdría la pena investigar con mayores detalles para dar una respuesta.

Los posibles estragos al patrimonio matemático colombiano

Todos estos saberes y prácticas descritos hacen parte del patrimonio matemático colombiano. De ahí su importancia. Pero también es real que todas las comunidades indígenas están siendo sometidas por la cultura dominante que tengan como vecina. Esto se ve reflejado en las configuraciones geométricas que vienen desarrollándose desde tiempos remotos. En la actualidad, la arhuaca prefiere tejer mochilas, cuyos diseños sean rápidos y progresivamente ha dejado a un lado a aquellos diseños que estimulen y desarrollen un pensamiento geométrico significativo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALSINA, C.; PÉREZ, R.; RUÍZ, C. 1989. *Bandas finitas*. En: Simetría dinámica. Matemáticas: Cultura y aprendizaje. Ed. Síntesis. Cap. 4, (Madrid). p.83-92.
- AROCA, A. 2008. Una propuesta metodológica en etnomatemática. Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 11(1):67-76.
- BISHOP, A. 1999. Enculturación matemática: La educación matemática desde una perspectiva cultural. Ed. Ibérica S.A. / Paídos, SAICF (Buenos Aires). 239p.
- BLANCO, H. 2008. Entrevista al profesor Ubiratan D'Ambrosio. Rev. Latinoamericana de Etnomatemáticas. (Pasto). 1(1):19-23. Disponible desde Internet en <http://etnomatematica.org/v1-n1-febrero2008/blanco.pdf> (con acceso 05/06/08).
- CASTAÑO, H. 1986. La mochila arhuaca, de su restauración y su conservación museológica. Escuela

- Nacional de Conservación, restauración y museología de Santa Clara. Ed. Instituto Colombiano de Cultura (Bogotá). 60p.
- MILLA, Z. 1991. Introducción a la semiótica del diseño andino precolombino. Ed. Eximpress S.A. (Perú). 92p.
- OROZCO, J. 1990. Nabusimake, tierra de arhuacos. Ed. ESAP – Centro de publicaciones (Bogotá). 387p.
- REICHEIL-DOLMATOFF, G. 1951. Datos histórico – culturales sobre las tribus de la antigua gobernación de Santa Marta. Ed. Banco de la República. Instituto etnológico del Magdalena. (Santa Marta). 131p.
- USEMI: Unión de Seglares Misioneras. 1976. Tutu: Arte arhuaco. Ed. Usemi (Bogotá). 81p.
- VILANESA, Padre J. de. 1952. Indios arhuacos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Descripción geográfica. Costumbres de los indios, idioma arhuaco. Ed. Iqueima (Bogotá). 163p.

Recibido: Agosto 4 de 2008

Aceptado: Octubre 20 de 2008

CONSIDERACIONES CLÍNICAS Y REGULACIÓN DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE EN GANADO BOVINO

CLINICAL CONSIDERATIONS AND REGULATION OF ACID-BASE BALANCE IN CATTLE

Johann R. Baquero-Parrado ¹

RESUMEN

El entendimiento de los disturbios electrolíticos y ácido-base depende de la comprensión de los mecanismos fisiológicos que los regulan y de la interpretación de los cambios en el pH sanguíneo. Algunas enfermedades producen un patrón constante de pérdidas de fluidos y electrolitos con cambios predecibles en el volumen y la concentración. Además, uno o más de los componentes que los regulan pueden estar comprometidos, lo cual, puede resultar en desórdenes del estado ácido-base. Actualmente existen tres enfoques para la evaluación clínica del estado ácido-base: la ecuación de Henderson-Hasselbach, el modelo de iones fuertes y el modelo de iones fuertes simplificado, quedando a consideración del clínico su utilización. La manipulación de la diferencia entre cationes y aniones en la dieta (DCAD) es definida como los mili-equivalentes de $(Na + K) - (Cl + S)$ por kilogramo (mEq/kg) de materia seca (MS) y tiene un impacto directo sobre el estado ácido-base, siendo el cloruro de amonio la sal con más poder acidificante y el sulfato de magnesio la sal aniónica más palatable, teniendo en cuenta que el pH urinario es una herramienta útil para evaluar el grado de acidosis metabólica impuesto por las sales aniónicas. Los valores de laboratorio interpretados por cualquier modelo son solo un paso en el análisis electrolítico y ácido-base del paciente. Para tomar decisiones racionales, se deben correlacionar estos valores con el cuadro clínico y el conocimiento de la bioquímica y fisiología subyacente, utilizando los

importantes principios de la medicina, basada en la evidencia.

Palabras clave: Bicarbonato, equilibrio ácido-base, ganado bovino, ión hidrógeno, pH.

SUMMARY

Understanding the electrolyte and acid-base disorder depends on the comprehension of the physiological mechanisms which regulates them, and the interpretation of changes in blood pH. Some diseases produce a constant pattern of electrolyte and fluid loss with foreseeable changes in electrolyte concentration and fluid volume. Furthermore, one or more of the regulatory components may become compromised, resulting in disorders of the acid-base status. Currently there are three approaches to the clinical assessment of acid-base status: the Henderson-Hasselbach equation, the strong ion model and the simplified strong ion model, dependent its use on considerations of the professional. The manipulation of the dietary cation-anion difference (DCAD) is defined as the m-equivalents of $(Na+K) - (Cl+S)$ by kilogram (mEq/kg) of dry matter (DM) It has a direct effect on the acid-base status, being ammonium chloride the most acidifying salt and magnesium sulfate the most palatable anionic salt, taking in count that urinary pH is a useful tool to assess the degree of metabolic acidosis imposed by the anionic salts. Laboratory values are just one step in an electrolyte and acid-base analysis of patient. To make rational decisions these values must be correlated with the clinical picture and the knowledge of the underlying biochemistry and physiology, using the important principles of evidence-based medicine.

Key words: Bicarbonate, acid-base balance, cattle, hydrogen ion, pH.

¹ MVZ, Esp. Grupo Prevención y Análisis de Riesgos Zoonosarios y Asuntos Internacionales, Seccional Valle del Cauca, Dirección para correspondencia: Calle 73 No. 8A-35, Barrio Andrés Sanín, Cali. E-mail: johann.baquero@ica.gov.co

INTRODUCCIÓN

Las alteraciones del estado ácido-base son comunes en ganado bovino y su evaluación de laboratorio comprende la determinación de la concentración de hidrógeno $[H^+]$, la concentración de bicarbonato $[HCO_3^-]$ y la tensión de dióxido de carbono en el plasma (PCO_2), entre otros parámetros. Dentro de los productos del metabolismo del organismo animal, se encuentra el ion hidrógeno, el cual es mantenido dentro de un estrecho margen por interacciones bioquímicas de los sistemas que lo regulan, bien sea deshaciéndose del ion H^+ (excretándolo directamente o uniéndolo a buffers) o conservando HCO_3^- . Esta revisión ofrece algunos elementos de juicio que el clínico puede usar para estimar los disturbios del equilibrio ácido-base del ganado bovino, de acuerdo a las investigaciones realizadas sobre el área.

Modelos utilizados para la evaluación del estado ácido-base

La Ecuación de Henderson- Hasselbach data desde 1916 (Hasselbach, 1916), siendo el modelo más utilizado en la práctica clínica. Tradicionalmente, el

equilibrio ácido-base es considerado en términos de pH. Dado que el pH es el logaritmo negativo de $[H^+]$, la ecuación de Henderson - Hasselbach es expresada como: $pH = pK + \log [HCO_3^-]/S \times PCO_2$, donde pK es el logaritmo de una constante de disociación y S un factor de solubilidad que convierte la PCO_2 en moles/L (Michell *et al.* 1991).

De igual manera, la Ecuación de Henderson - Hasselbach utiliza: el pH (parámetro general del estado ácido-base), la PCO_2 (medición independiente del componente respiratorio del balance ácido-base) y el exceso de base extracelular (medición independiente del componente metabólico) del estado ácido-base. No obstante, el nivel de HCO_3^- actual, el HCO_3^- estándar, el dióxido de carbono (CO_2) total, el exceso de base extracelular (Astrup *et al.* 1960) y el cambio en la base buffer neutralizadora también se han utilizado para caracterizar el componente metabólico. Esta ecuación caracteriza cuatro disturbios primarios del estado ácido-base: acidosis respiratoria ($PaCO_2$ incrementada), alcalosis respiratoria ($PaCO_2$ reducida), acidosis metabólica (reducción del exceso de base extracelular) o alcalosis metabólica (incremento del exceso de base extracelular) (Figura 1).

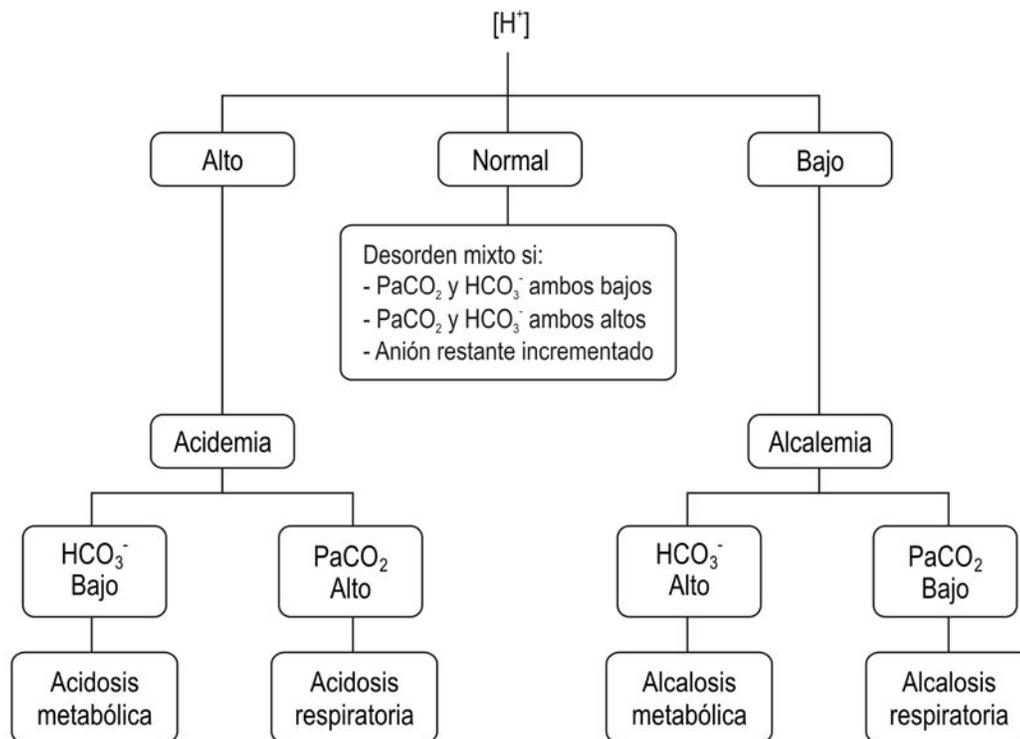


Figura 1. Diagnóstico inicial de los disturbios ácido-base (Modificado de Halperin & Goldstein, 1999).

Según este modelo existe una relación causa-efecto entre el HCO_3^- y el hidrógeno (H^+). Según esta teoría, la causa de la acidosis metabólica estaría en una reducción de la capacidad tampón del HCO_3^- , con lo que el H^+ libre (no tamponado) reduce el pH. En consecuencia con lo anterior, las causas de acidosis metabólica tienen en común una reducción del HCO_3^- .

Como causas más frecuentes de acidosis metabólica ($\text{pH} < 7,35$ y $[\text{HCO}_3^-] < 20\text{mmol/L}$), se encuentran la diarrea neonatal, la acidosis ruminal, la administración parenteral excesiva de NaCl , el choque endotóxico, la hipovolemia, el ptialismo o disfagia y enfermedades, como babesiosis (*Babesia divergens*) (Sherlock *et al.* 2003), metritis, cetosis, mastitis aguda, entre otras. Los terneros con concentraciones elevadas de D-lactato no necesitan terapia específica, pues estas disminuyen al corregir la acidosis y al restaurar el volumen de fluidos corporales (Lorenz & Vogt, 2006; Baquero-Parrado & Fuentes-Reyes, 2007). Las variaciones en el comportamiento, la postura y el reflejo palpebral pueden ser mejor explicados por las elevadas concentraciones de D-lactato que por la disminución en el exceso de base (Kasari & Naylor, 1986; Lorenz, 2004).

La alcalosis metabólica (incremento del exceso de base extracelular, $\text{pH} > 7,45$) es comúnmente hallada en bovinos con: estenosis pilórica, intususcepción del intestino delgado, intususcepción del intestino grueso, impactación cecal, impactación abomasal, timpanismo y torsión abomasal en terneros, intususcepción cecal en terneros, desplazamiento del abomaso, vólvulo abomasal, hiperadrenocorticismo y por la administración de óxido de magnesio. El cuadro clínico severo de anaplasmosis (*Anaplasma marginale*) conduce a desórdenes mixtos (Castañeda *et al.* 2002). Los becerros lactantes presentan alcalosis transitoria post-prandial (Lisbôa *et al.* 2003).

La acidosis respiratoria (PaCO_2 incrementada $> 45\text{mm Hg}$), se presenta al nacimiento y en algunas enfermedades del sistema respiratorio, tales como: neumonía, enfisema, edema pulmonar, efusión pleural. Algunas alteraciones neuromusculares, la hernia diafragmática, la depresión del Sistema Nervioso Central (SNC), la intoxicación por barbitúricos y la disminución en el gasto cardíaco conllevan, también, a la presencia de acidosis respiratoria, mientras que la alcalosis respiratoria (PaCO_2 reducida $< 35\text{mm Hg}$) es común hallarla en situaciones

de hipoxia, encefalopatía hepática, excitación del SNC y choque de calor.

De otra parte y de acuerdo al Modelo de Iones Fuertes (Stewart, 1983), las concentraciones de H^+ y HCO_3^- son dependientes de las concentraciones de las variables independientes o primarias, es decir: PCO_2 , ácidos débiles totales o proteínas y iones fuertes (Stewart, 1983; Funk, 2007, Quintard *et al.* 2007), dado que en los fluidos biológicos y los electrolitos fuertes, como el sodio (Na^+), el potasio (K^+) y el cloro (Cl^-) están completamente disociados y su constante de disociación (K) es ignorada por estar completamente disociados; mientras que los electrolitos débiles, como las proteínas, el agua y el CO_2 , se disocian ó ionizan parcialmente (Stewart, 1983; Rehm *et al.* 2004).

La diferencia de cargas entre cationes fuertes y aniones fuertes completamente disociados en el plasma es estimada así: $([\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{calcio-Ca}^{+2}] + [\text{magnesio-Mg}^{2+}]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{otros aniones fuertes: A}]) = 44 \text{ mEq/l}$ en plasma en terneros (Constable & Staempfli, 2004), y 40 mEq/L en rumiantes adultos, aproximadamente (Staempfli, 2005). Este exceso de cargas positivas, se denomina Diferencia de Iones Fuertes (DIF) (Stewart, 1983) y está siempre balanceado por una cantidad igual de "base buffer", principalmente, fosfato, albúmina y HCO_3^- .

Así, los cambios en el pH de los líquidos biológicos solo se pueden producir como consecuencia de la modificación de una o varias de las variables independientes. En efecto, el cambio en la concentración de H^+ , se debe a cambios en la disociación del agua, ocasionados por modificaciones en las variables independientes; siendo la concentración de ión H^+ una variable dependiente y encontrándose en una asociación no-lineal con PCO_2 (matemáticamente, una función polinomial del cuarto orden) (Whitehair *et al.* 1995; Staempfli, 2005). Una anomalía primaria del estado ácido-base, se debe a un cambio en una o más variables independientes en el plasma. Más de una alteración primaria podría estar presente con efectos aditivos u opuestos. Los cambios compensatorios ocurren en respuesta a alteraciones primarias. En tales compensaciones, la DIF o la PCO_2 son reguladas en respuesta al estado ácido-base del paciente, mientras la albúmina, no. Estos cambios compensatorios únicamente involucran cambios en DIF o PCO_2 . La DIF es regulada por el riñón y la PCO_2

es regulada por el sistema respiratorio. Una alteración primaria en DIF podría resultar en una alteración secundaria en PCO_2 (compensación respiratoria) y una alteración primaria en PCO_2 podría resultar en un cambio secundario en la DIF (compensación renal) (Whitehair *et al.* 1995).

A pesar de esto, el modelo de iones fuertes de Stewart no suministra un método práctico tanto para la determinación de concentración plasmática total de buffer o neutralizadores débiles no volátiles $[A_{tot}]$ (como albúmina, globulina y fosfato), como para la determinación de la constante de disociación de equilibrio efectivo para los ácidos débiles no viables del plasma (K_a), además, que requiere de un valor exacto para precisar la $[DIF^+]$, mediante la determinación y cuantificación de todos los iones fuertes en el plasma, lo cual, es muy complicado, ya que iones fuertes no identificados presentes, tales como lactato- (acidosis ruminal), sulfato $-SO_4^{2-}$ (uremia), β -OH butirato⁻ y acetoacetato⁻ (cetoacidosis) pueden estar incrementados en concentraciones de mEq/L en rumiantes enfermos.

Una baja DIF resulta en acidosis (incremento en $[H^+]$) y puede ser causada por una disminución en $[Na^+]$ o un aumento en $[Cl^-]$ o aniones no identificados. Una alta DIF resulta en alcalosis y puede ser causada por un

aumento en $[Na^+]$ o una disminución en $[Cl^-]$ (Whitehair *et al.* 1995). La respuesta buffer comienza al principio del desorden y es proporcional a la magnitud de la alteración (Oliver, 1998).

Desde el punto de vista clínico, el modelo de iones fuertes es invaluable, ya que ofrece una nueva manera acerca de la fisiopatología de los desórdenes mixtos del estado ácido-base (Whitehair *et al.* 1995; Quintard *et al.* 2007), en particular, de los efectos de la hipoproteinemia e hiperproteinemia sobre el estado ácido-base, explicables únicamente por los modelos de iones fuertes (Wilkes, 1998).

Por último, el Modelo de Iones Fuertes Simplificado asegura que los componentes plasmáticos actúan como iones fuertes (DIF^+), iones buffer volátiles (HCO_3^-) o iones buffer no volátiles (A^-) (Constable, 1997). Siempre, la concentración de iones fuertes $[DIF^+]$ equipará a la suma de la concentración del ion buffer bicarbonato $[HCO_3^-]$ más la concentración del ion buffer no volátil $[A^-]$, de manera que $[DIF^+] - [HCO_3^-] - [A^-] = 0$, para mantener la electro-neutralidad (Figura 2). La ecuación asume que todos los componentes ionizados plasmáticos se pueden clasificar como un ion fuerte (DIF^+), un ion buffer volátil (HCO_3^-) o un ion buffer no volátil (A^-). Esta es la teoría que fundamenta el modelo de iones fuertes simplificado.

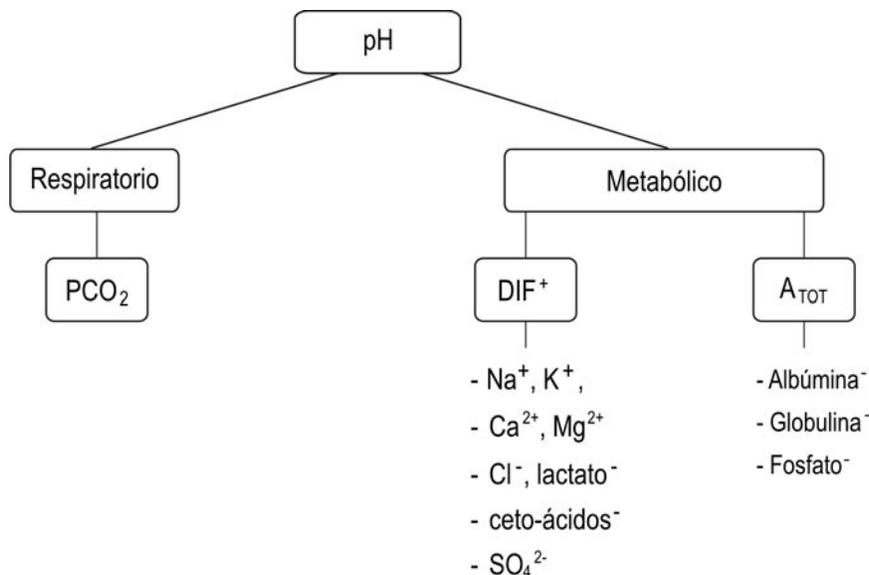


Figura 2. Determinantes del pH sanguíneo, según el modelo de iones fuertes simplificado. Ambos, $[ATOT]$ y $[DIF^+]$ son mediciones independientes del componente no respiratorio (metabólico) del pH sanguíneo (Constable, 2000).

Los valores para $[A_{TOT}]$ y K_a han sido determinados en terneros Holstein (Staempfli *et al.* 1994; Constable & Staempfli, 2004); bovinos adultos (Constable, 2002) y en equinos (Constable, 1997) siendo el pK_a de la albúmina sérica bovina de 5,5Eq/L (Staempfli *et al.* 1994) y la osmolalidad en plasma normal en ruminantes de, aproximadamente, 285mOsm/kg, mientras que la osmolaridad está en 306mOsm/L (Constable, 2003). Se recomienda utilizar este modelo ante concentraciones anormales de proteínas plasmáticas totales (PPT),

albúmina y fosfato (Tabla 1). La utilidad clínica de los modelos que utilizan la cuantificación del estado ácido-base está determinada en la capacidad para describir su fisiología y por la facilidad de la medición de los parámetros modelo-independientes, ya que basándose sobre principios fisicoquímicos identifica y cuantifica los componentes individuales de las anomalías ácido-base complejas y proporciona ideas sobre sus patogénesis (Whitehair *et al.* 1995; Fencel *et al.* 2000).

Tabla 1: Categorización de iones simples en plasma de bovino adulto en muestras de sangre venosa (Constable, 2002).

IONES FUERTES	(mEq/L)		(mEq/L)
Cationes		Aniones:	
Sodio	144,0	Cloro	104,0
Potasio	4,5	Sulfato	1,6
Calcio	4,5	L-lactato	0,9
Magnesio	1,7	β -hidroxibutirato	0,8
Amonio	0,1	Acetoacetato	0,2
Cationes totales	154,8	Ácidos grasos no esterificados	0,4
IONES BUFFER Aniones volátiles: Bicarbonato	(mEq/L) 26,4	Acetato	1,5
		Propionato	0,08
		Butirato	0,04
		Urato	0,5
		Succinato	0,5
Aniones no volátiles:		Piruvato	0,1
Proteína	14,6	Aniones totales	110,6
Fosfato	2,9		
Citrato	0,2		
Aniones no volátiles totales	17,7		

Toma de muestras para la evaluación: La sangre, se puede obtener de la arteria braquial en terneros recién nacidos (Adams *et al.* 1991), de la vena yugular, de la vena mamaria (Benjamín, 1991), de la vena metacarpiana volar superficial (Szenci, 1985) y de la vena coccígea. Los valores de pH, PCO_2 y PO_2 pueden ser más bajos o más altos en muestras obtenidas de la vena coccígea, frente a otras de sangre venosa en vacas lecheras posparto, clínicamente saludables (Bajcsy *et al.* 1999). La mejor hora para colectar las muestras de sangre es alrededor de 12 a 24 horas luego del parto para detectar posible hipocalcemia (Oetzel, 2004) y se recomienda la determinación inmediata de la concentración de Ca^{2+}

ionizado, para evitar lecturas erróneas (Roeder & Clark, 1995, Szenci *et al.* 1991), pues la hemólisis incrementa y disminuye falsamente los valores séricos de K^+ y Na^+ , respectivamente (Roussel *et al.* 1997).

En el estudio de la hipopotasemia sí se recomienda tomar las muestras diariamente y la misma hora (Sattler *et al.* 2001). Para la determinación de la acidosis metabólica, el aparato Harleco es útil, pues a partir de la PCO_2 , se mezclan el ácido láctico y el suero, convirtiendo el HCO_3^- en ácido carbónico (H_2CO_3) (Naylor, 1987), pero el aparato Harleco es menos efectivo con muestras alcalóticas (Groutides & Michell, 1990).

En cuanto al pH del fluido ruminal, se recomienda la obtención de la muestra, mediante ruminocentesis, puesto que las muestras obtenidas a través de sondas estomacales, se “contaminan” con pequeñas cantidades de saliva, la cual, contiene HCO_3^- , causando errores en la lectura (Dirksen & Smith, 1987). El pH del líquido ruminal varía según el tipo de alimento y el tiempo transcurrido desde la última comida hasta la toma de la muestra, siendo el intervalo normal de 6,2 a 7,2. Con todo y lo anterior, el pH se debe medir inmediatamente después de tomar la muestra y, para lo cual, se sugiere el uso del pHmetro portable (Geishauser & Mannhardt, 1994; Nappert & Naylor, 2001). En casos de putrefacción proteica o cuando la muestra se ha mezclado con saliva, se pueden observar valores de pH incrementados (8,0-10,0), mientras que valores bajos se observan tras la ingestión de carbohidratos. Un valor inferior a 5,0 indica lactoacidosis ruminal y este nivel se mantendrá entre 6 y 24 horas después que el animal haya ingerido la dieta con carbohidratos (Radostitis *et al.* 2002). En las dietas típicas para vacas lactantes, el pH ruminal puede ser más bajo en muestras recolectadas, mediante ruminocentesis, que en muestras recolectadas, a través de cánula ruminal (Garret *et al.* 1999).

Se podría considerar además, en la evaluación del paciente, el compromiso renal, pues la hipovolemia, la deshidratación y la endotoxemia, presentes en muchas enfermedades, afectan la función renal (Constable *et al.* 1991). El monitoreo seriado de creatinina (Constable, 1991; Ulutas & Sahal, 2005) y de excreción fraccional de electrolitos podría ser un indicador razonable de la filtración glomerular y remoción de electrolitos por parte de los riñones (Neiger & Hagemoser, 1985; Fleming *et al.* 1991), sin que la edad y la categoría de producción de leche (alta, media y baja) influyan en la excreción fraccional de electrolitos (Fleming *et al.* 1992).

Parámetros habituales de evaluación: Existen otros parámetros aparte del pH sanguíneo para la evaluación de estado ácido-base, diseñados para reflejar su efecto, pero no su causa, tales como los gases sanguíneos arteriales y venosos (PO_2 , PCO_2), bicarbonato estándar, anión restante - anión gap - y el exceso de base.

Gases sanguíneos: La presión arterial de dióxido de carbono (PaCO_2) refleja la concentración de CO_2 en el aire alveolar requerida para el equilibrio entre la producción de CO_2 (metabolismo) y la remoción de CO_2

(ventilación). Los terneros recién nacidos (una hora de edad) muestran los siguientes valores en gases arteriales de: pH entre 7,25 y 7,35; pCO_2 entre 45,13 y 55,67mm Hg y entre 20,74 y 26,30mEq/L de HCO_3^- (Adams *et al.* 1991).

La sangre venosa es adecuada para realizar interpretaciones válidas de las alteraciones ácido-base de posible origen metabólico (Carlson 1989), mientras que la sangre arterial es apropiada para evaluar los parámetros respiratorios (PaO_2 , PaCO_2 , ó CO_2 total) (Kasari, 1999; Bleul *et al.* 2007). En las últimas horas antes del parto, la presión parcial de oxígeno y el pH sanguíneo fetal se elevan (Wilson *et al.* 1977), mientras que la glucosa sanguínea presenta valores más bajos (Tyler & Ramsey, 1991).

Bicarbonato estándar: Se define como la $[\text{HCO}_3^-]$ en mEq/L del plasma cuando la sangre oxigenada normal se equilibra a 37°C, con una mezcla de gas, que tiene una PCO_2 de 40mm Hg. Es la mejor herramienta para estimar la base buffer en sangre porque es independiente de los cambios de PCO_2 e ignora la contribución de los buffers no volátiles (albúmina, fosfato, globulina, Hb-) a los cambios de la neutralización del pH (Stockhman & Scott, 2002). Cabe anotar que las vacas a altitud moderadamente alta (3000m) presentan concentraciones $[\text{HCO}_3^-]$ plasmáticas más bajas que las vacas que se encuentran a nivel del mar (Ramírez *et al.* 1992).

Anión restante - anión gap -: Se utiliza para detectar la presencia de cationes y aniones no medidos en el plasma (SO_4^{2-} , $-\text{Ca}^{+2}$, Mg^{2+}), iones buffer no volátiles (proteínas y fosfatos) y ácidos orgánicos (lactato-, β -OH butirato-, acetoacetato-) (Feldman & Rosenberg, 1981; Winter *et al.* 1990; Ewaschuk *et al.* 2003) y se calcula de la diferencia entre la sumatoria de los cationes medidos, menos la sumatoria de los aniones medidos en el plasma sanguíneo ($[\text{Na}^+] + [\text{K}^+] - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$) (Gabow *et al.* 1980). El anión restante puede estar enmascarado por cambios en las concentraciones séricas de proteínas (en especial albúmina y fosfato) (Gabow, 1985; Kraut & Madias, 2007), así como las variables independientes también cambian el anión restante porque el HCO_3^- es una variable independiente (HCO_3^-) y es tenido en cuenta para su cálculo (Whitehair *et al.* 1995).

En efecto, el anión restante es clínicamente útil para la estimación de la concentración de lactato en el plasma

en equinos y en bovinos (Constable *et al.* 1997) con concentraciones “normales” de PPT. Sin embargo, el anión restante tiene una correlación significativa, con la concentración sérica total de D-Lactato, mas no con la concentración sérica de L-Lactato (Ewaschuk *et al.* 2003). Generalmente, un anión restante elevado es causado por la acumulación de ácidos orgánicos (ácido láctico y cetoácidos). Es menos común un anión restante disminuido, atribuible a la hipoalbuminemia y a acidosis metabólica hiperclorémica (Roussel *et al.* 1997). Bovinos con vólvulo abomasal y un anión restante de 30mEq/L o superior tienen un pobre pronóstico de supervivencia (Garry *et al.* 1985).

Exceso de Base: Se expresa como el exceso de base extracelular en sangre entera (Astrup *et al.* 1960) influenciado, principalmente, por las concentraciones de Cl⁻ y aniones identificados en sangre -terneros-, mientras que el Na⁺ y la de PPT tienen un efecto menor, siendo su valor de +3,4mEq/L en terneros (Stocker *et al.* 1999). El cambio en el exceso de base neta, debida a anomalías de agua libre o cambio en el contenido de agua, es reflejada en el Na⁺ plasmático (Whitehair *et al.* 1995).

El exceso de base disminuye 2,9mEq/L por cada incremento de 1g/dl en la concentración de PPT (Figge *et al.* 1991); es un indicador adecuado del componente no respiratorio -metabólico- de una alteración del equilibrio ácido-base, no afectado por los cambios agudos en la PCO₂ y se refiere, directamente, al espacio de distribución del bicarbonato sódico (NaHCO₃). A pesar de esto, el valor del exceso de base calculado supone una concentración sérica de PPT constante y normal (7,2g/dl) (Constable, 1999) y no debe ser usada como un criterio único para determinar si una vaca con vólvulo abomasal deba ser tratada o sacrificada (Simpson *et al.* 1985).

Aunque existen nomogramas y fórmulas matemáticas para calcular el exceso de base a partir de los valores medidos en sangre de pH, PCO₂ y concentración de Hb-, y el nomograma derivado para sangre humana se ha utilizado para ganado bovino, su uso no es común (Szenci & Nyiro, 1981), partiendo de que los valores de PPT (58g/L) y concentración de Hb- (7,18mmol/L) en terneros de dos a diez semanas de edad (Szenci, 1985).

Sistemas reguladores:

Mecanismo respiratorio: Los terneros neonatos tienden hacia el estado de acidosis metabólica y respiratoria durante las horas iniciales postnatales (Hejlasz *et al.* 1987; Bleul *et al.* 2008), situación que se mejora mediante la colocación del ternero en recumbencia esternal o la suspensión de los miembros posteriores, facilitando su adaptación al nacimiento (Lystepruyst *et al.* 2002).

En el feto, el equilibrio ácido-base está regulado indirectamente a través de la placenta, por funciones respiratorias y renales maternas (Szenci *et al.* 1982). Es preciso aclarar que las vacas sometidas a estrés por calor tienden a los estados de alcalosis respiratoria, debido a la mayor frecuencia respiratoria (West, 2003).

De otro lado, el centro respiratorio en la médula oblonga controla la frecuencia respiratoria (FR). Para la regulación del H₂CO₃ la FR se aumenta, eliminando CO₂ y así disminuye el pH. Los quimiorreceptores centrales, localizados sobre la superficie ventral del bulbo raquídeo, estimulan, primariamente, la ventilación en respuesta al incremento de la [H⁺] del fluido cerebroespinal y, en respuesta, reduce la PCO₂ (Duffin, 2005). La ventilación es inhibida cuando cae la [H⁺]. Los quimiorreceptores periféricos -cuerpos carotídeos- son responsables de la respuesta ventilatoria a una baja de la PaCO₂. El resultado de la hipoventilación de cualquier causa, se describe con la ecuación: CO₂+H₂O → H₂CO₃ → HCO₃⁻+H⁺. La elevación del H₂CO₃, como parte de la retención del CO₂, produce un aumento de la concentración de ion H⁺, de este modo, el sistema respiratorio regula la presión parcial de CO₂ en los líquidos corporales, aclarando que la tasa de extracción de O₂ se incrementa durante la hipercalemia en terneros neonatos (Singh *et al.* 1989).

Así mismo, la resistencia de las vías aéreas centrales no cambia con el volumen pulmonar (Gustin *et al.* 1987); por eso, la salida de O₂, la producción de CO₂, la frecuencia respiratoria, la ventilación alveolar, la ventilación por minuto y la presión alveolar de O₂ son más altas en bovinos, mientras que el volumen tidal y el espacio muerto fisiológico son más altos en equinos (Gallivan *et al.* 1989), presentándose en ganado bovino un patrón de respiración y ventilación caracterizado por una variabilidad cíclica, acoplada a la eructación (Rollin *et al.* 1997).

Además, el sistema buffer Hb^- del eritrocito, se adapta, especialmente, para el manejo del CO_2 , dado que los eritrocitos son muy permeables al CO_2 y contienen altas concentraciones de anhidrasa carbónica (disminuida en terneros acidóticos y en sus madres), la cual, hidrata al CO_2 transformándolo a H_2CO_3 (Szenci *et al.* 1984). Luego, el H_2CO_3 es disociado a $H^+ + HCO_3^-$; después, el H^+ se combina con la Hb^- para formar HHb y, posteriormente, el HCO_3^- sale de la célula por difusión en intercambio por cloruro. El resultado es que el CO_2 retenido es amortiguado y el HCO_3^- es liberado a la sangre en intercambio por cloruro.

Es necesario recalcar que las proteínas también sirven como amortiguadores del pH sanguíneo, ya que tienen grupos que pueden tomar o dar H^+ , como los grupos carboxilo en el C Terminal, los grupos amino en el N Terminal, los grupos carboxilo de cadena lateral de los ácidos glutámico y aspártico y los grupos amino ($RNH_3^+COO^-$) de la cadena lateral de la lisina. De ahí la importancia de la Hb^- en este grupo, dada su alta concentración en el eritrocito y su altísimo contenido de histidina, pues este aminoácido tiene una cadena única lateral llamada imidazole (ImH^+), que puede captar a los protones y abstraerlos de los fluidos corporales, o puede dar protones a los fluidos corporales, tratando de mantener el pH cerca a la neutralidad. Cabe anotar que los disturbios ácido-base atraviesan por dos fases: la compensación de los disturbios metabólicos es intervenida por el pulmón y su punto máximo es alcanzado en las primeras 12 a 24 horas y después opera el riñón, el cual, comienza a las 24 horas y su punto máximo es alcanzado en dos a cuatro días. La compensación de las alteraciones de naturaleza respiratoria es llevada a cabo por el riñón (Oliver, 1998).

Conviene aclarar que las concentraciones plasmáticas de K^+ por encima de 11,03mmol/L se asocian con una disminución en la tensión arterial y la saturación arterial de oxígeno (Singh *et al.* 1989). De aquí que el Cl^- y el P inorgánico podrían ser usados para incrementar la eficiencia del transporte del O_2 en animales hipóxicos (Gustin *et al.* 1994), ya que la afinidad del O_2 a los glóbulos rojos puede ser modulada por adición y sustracción de iones Cl^- (Bucci *et al.* 1988). No obstante, la liberación de O_2 de la sangre se puede deteriorar en terneros con diarrea dependiendo del efecto de la enfermedad sobre ciertas variables en la bioquímica sanguínea (Cambier *et al.* 2001), pues la acidosis in

vivo y la hipercapnia, inducen una disminución en la afinidad del O_2 a la Hb^- en la sangre arterial, la cual, se combina a la disminución en PaO_2 conduciendo a un grado de saturación de Hb^- , en el compartimiento arterial (Cambier *et al.* 2002).

Mecanismo renal: Cuando los cationes o aniones son excretados mutuamente están acompañados en la orina por HCO_3^- o H^+ , respectivamente. La determinación de la excreción de HCO_3^- o H^+ indicará el efecto actual de la excreción renal, de tal suerte que el proceso tubular renal concluyente de esta excreción es la secreción renal de H^+ . Cuando el H^+ es excretado, la cantidad de H^+ libre es muy baja, de lo contrario, el pH de la orina sería muy ácido y la adecuada excreción de H^+ sería imposible; en cambio, el H^+ está asociado con buffers urinarios, medidos como acidez titulable (AT) o con amoníaco (NH_3) a amonio (NH_4^+). Esta excreción renal neta de ácido (ERNA) está definida por la fórmula: $ERNA = \text{Acidez Titulable} + NH_4^+ - HCO_3^-$ (Lunn & McGuirk, 1990). Cuando su valor es negativo indica la cantidad de HCO_3^- eliminado del cuerpo; positivo representa la cantidad de H^+ eliminado por el cuerpo. Por esta razón, la ERNA es más indicativa de la carga de ácido que de los parámetros ácido-base en vacas post-parto (Hu *et al.* 2007). La regulación renal de la secreción de ión H^+ , se realiza mediante tres procesos importantes: la reabsorción de HCO_3^- , la titulación de los buffers urinarios y la excreción del ión amonio.

La reabsorción de bicarbonato: El H^+ secretado, se puede combinar con el HCO_3^- intratubular para formar H_2CO_3 ; el cual, se disocia en CO_2 y H_2O , gracias a la anhidrasa carbónica presente en el borde de cepillo de las células tubulares proximales, pero no en las células del nefrón distal. De este modo, por cada H^+ secretado que se combina con un HCO_3^- intratubular, desaparecerá un HCO_3^- intratubular adicionando un HCO_3^- a la sangre. En síntesis, la secreción total de H^+ es la suma del HCO_3^- filtrado que es reabsorbido, del ácido titulable que es formado y del NH_4^+ que es secretado (Lunn & McGuirk, 1990).

Titulación de los buffers urinarios: El H^+ secretado, se puede combinar con buffers urinarios, tales como el fosfato. Por cada H^+ secretado que se combina con anión fosfato inorgánico divalente (HPO_4^{2-}) para formar fosfato inorgánico dihidrógeno monovalente ($H_2PO_4^-$), se lleva a cabo la adición de un HCO_3^- en la sangre peritubular.

Este HCO_3^- adicional es denominado HCO_3^- regenerado y reemplaza el HCO_3^- consumido en la amortiguación de los ácidos fijos. El HPO_4^{2-} es filtrado por el riñón. Como los riñones alcanzan una $[\text{H}^+]$ apreciablemente por encima del plasma, el HPO_4^{2-} es filtrado y excretado como H_2PO_4^- y no contribuirá a la generación de nuevo HCO_3^- (Lunn & McGuirk, 1990).

Excreción del ion amonio: Las células del túbulo proximal producen NH_3 en mayor parte por la eliminación del nitrógeno amídico de la glutamina (proceso incrementado por la acidemia y por la depleción de K^+), aunque también puede tener origen en menor grado de la desaminación oxidativa de otros aminoácidos. El NH_3 producido existe como un gas no ionizado y se puede combinar con H^+ según la siguiente ecuación: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$. La forma no iónica, NH_3 , se difunde fácilmente a través de las membranas celulares. El NH_4^+ es mucho menos permeable, por lo tanto, cuando el H^+ secretado se combina con el NH_3 intratubular para formar NH_4^+ , promueve la secreción neta de NH_3 (Atkinson & Bourke, 1987). En el asa de Henle, la alcalinización del fluido tubular causado por el mecanismo múltiple contracorriente permite la difusión no iónica elevada dentro del intersticio medular. En combinación con el transporte activo fuera del segmento grueso ascendente permite la acumulación de NH_3 en el intersticio medular, fenómeno que es incrementado en la acidosis.

Luego, el NH_3 pasa por difusión no iónica en el túbulo colector, un proceso favorecido por el bajo pH del fluido tubular. Además, el riñón regula la secreción de H^+ , pues la depleción del volumen circulante efectivo conduce a la liberación de aldosterona y conservación de Na^+ , el cual, resultará en secreción de H^+ , algunas veces a expensas del pH sistémico. La depleción de K^+ suprime la liberación de aldosterona (Lunn & McGuirk, 1990).

La diferencia de cationes y aniones en la dieta (DCAD):

Uno de los principales problemas en producción lechera –Sabana de Bogotá– es la presentación de la hipocalcemia periparturienta (fiebre de leche), definida como bajo calcio total ($<2,0\text{mmol/L}$ u $8,0\text{mg/dL}$) o bajo calcio ionizado sanguíneo ($<1,0\text{mmol/L}$ o 4mg/dL), con o sin signos clínicos de hipocalcemia (Oetzel, 2004), debida a los altos requerimientos de Ca^{+2} por parte de la vaca para producir leche. Esta enfermedad metabólica,

se puede prevenir modificando la composición de la dieta (Tucker *et al.* 1988), ya que las cargas de los electrolitos afectan el estado ácido-base y, en últimas, el metabolismo del Ca^{2+} . El análisis de la DIF de la dieta permite controlar mejor la DIF extracelular (Eicker, 1990). Por tal razón, la acidez o la alcalinidad de la dieta son más importantes en el control de la fiebre de leche que el mismo consumo de Ca^{2+} (Oetzel *et al.* 1988; Setia *et al.* 1996).

La DCAD, se define como los mili-equivalentes de $(\text{Na}+\text{K})-(\text{Cl}+\text{S})$ por kilogramo de materia seca (MS) y tiene un efecto directo sobre el estado ácido-base. La fórmula más utilizada para caracterizar la DCAD es: $([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{SO}_4^{2-}])$ (Oetzel *et al.* 1991). Una dieta típica para vacas secas contiene una diferencia entre cationes y aniones, alrededor de 100 a 250mEq/kg de MS (Oetzel, 2000).

Dentro de los cationes más importantes en la dieta, se encuentran el Na^+ , el K^+ , el Ca^{2+} y el magnesio (Mg^{2+}); los aniones más importantes son el Cl^- , el azufre y el P, siendo el cloruro de amonio (NH_4Cl) la sal con más poder acidificante. Una concentración de NH_4^+ de 11,7 a 58,7mmol/L de orina es considerado como un límite tolerable (Lebeda, 1984), mientras que la concentración de lactato en plasma normal en ganado bovino alimentado con dieta rica en granos es de 1,6-8,2mmol Lactato/L, del cual del 16 al 41% es el D-isomero (Lunn & McGuirk, 1990). Es importante resaltar que las vacas múltiparas son menos tolerantes a la acidosis alimentaria que las vacas primerizas (Szenci *et al.* 1982).

En el estrés por calor y el elevado consumo de agua con una elevada DCAD merecen especial atención, pues en situaciones de trópico, temperatura ambiental elevada, las vacas lecheras necesitan mayor contribución adicional de minerales para subsanar la ingesta reducida de MS y la pérdida de electrolitos, ya que el sudor de los bovinos es abundante en K^+ (West, 2003); una mayor DCAD podría mejorar el metabolismo ruminal del N (Wildman *et al.* 2007). Otras enfermedades relacionadas a la acidosis metabólica, tales como laminitis y cetoacidosis, pueden ser influenciadas por una elevada DCAD en la lactación (Block, 1994). De allí que incrementando la DACD de 180 a 520mEq/kg, se aumenta tanto la ingesta de MS como la producción láctea (Sanchez & Block, 2000). El consumo reducido de materia seca (con balance energético negativo secundario antes del

parto) es común cuando la orina está sobrecidificada (Oetzel, 2004).

De manera que la manipulación de la DCAD resulta en cambios menores en el pH sanguíneo, pues el riñón y los huesos compensan el mantenimiento del pH sanguíneo normal (Delaquis & Block, 1995b). Por lo general, la DCAD es reducida con el uso de sales aniónicas que contienen relativamente más Cl^- y S^{2-} que Na^+ y K^+ , reduciendo el pH urinario y el HCO_3^- plasmático (Oetzel *et al.* 1991; Tucker *et al.* 1988). Por ejemplo, dietas fuertemente aniónicas (baja DCAD) son acidogénicas, pero el pH sanguíneo es reducido insignificadamente permaneciendo dentro de los límites fisiológicos. Además, la excreción de Ca^{2+} urinario es mucho más alta y la excreción de HCO_3^- mucho más baja en vacas alimentadas con dietas aniónicas que en vacas alimentadas con dietas catiónicas (Van Mosel *et al.* 1993).

Similarmente, las dietas catiónicas (alta DCAD) son alcalo-génicas, pero tienen un efecto pequeño sobre el pH sanguíneo porque la orina pasa a ser más alcalina, siendo el pH urinario un indicador biológico preciso para determinar si la dosis de aniones debe ser incrementada, hasta que el pH urinario alcance el rango óptimo (Vagnoni & Oetzel, 1998; Seifi *et al.* 2004). Un pH urinario bajo (<5,5) sitúa a la vaca en riesgo de acidosis ruminal sub-aguda (Oetzel, 2004) y sugiere que la dosis de aniones puede ser reducida sin comprometer la prevención de fiebre de leche (Oetzel, 2000), dado que una dieta alcalo-génica incrementaría la disponibilidad de Na^+ y K^+ para la absorción digestiva trayendo consigo un ion de carga negativa. La fuerte relación negativa entre el pH urinario y la ERNA en vacas alimentadas con dietas que contienen sales aniónicas, sugieren que el pH urinario es una herramienta útil para evaluar el grado de acidosis metabólica (Vagnoni & Oetzel, 1998; Gelfert *et al.* 2006). El efecto del momento post-alimentación sobre el pH urinario es mínimo si el acceso al alimento ha sido adecuado durante todo el día (Oetzel, 2004).

Finalmente, los cambios en la concentración de Ca^{2+} ionizado en terneros de vacas de primera lactación en gran parte son atribuibles a la acidosis perinatal (Szenci *et al.* 1994). La reducción de mEq de dieta ($[\text{Na}^+ + \text{K}^+] - [\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}]$) a -4mEq kg^{-1} en MS afecta algunos parámetros de la formación del hueso, sin elevar la resorción ósea (Van Mosel *et al.* 1994), mientras que las sales de

dietas aniónicas ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$) incrementan la concentración ruminal de NH_3 , probablemente, a causa del contenido más alto de NNP en esas dietas. Una dieta basada en henolaje de alfalfa, comparada con una dieta basada en ensilaje con similar diferencia entre aniones y cationes, resulta en diferente metabolismo mineral y de agua, sin afectar el estado ácido-base de vacas en la lactación temprana (Delaquis & Block, 1995a). Sin embargo, se puede presentar acidosis metabólica en vacas lecheras gestantes durante la época seca (noviembre-abril) alimentadas con ensilajes, subproductos azucareros y pastos de regular calidad (Viamonte *et al.* 1992). Vacas alimentadas con dietas que contienen sales de NH_4^+ presentan concentraciones más altas de Ca^{2+} ionizado y Ca^{2+} total al momento del parto.

Las concentraciones séricas de Mg^{2+} , P, Na^+ , K^+ y Cl^- el día del parto no se afectan por la dieta (Oetzel *et al.* 1988). Por último, para vacas lecheras adultas, el NaHCO_3 y el propionato de Na^+ son igualmente efectivos en la corrección del estado ácido-base. El propionato de Na^+ puede ser considerado un tratamiento más efectivo de acidosis metabólica en enfermedades, tales como cetosis, porque el propionato adicionado puede servir como una fuente de energía para la vaca (Bigner *et al.* 1997).

CONCLUSIONES

Todos los cambios en el pH sanguíneo tanto en bovinos saludables como en feros ocurren a través de cambios en tres variables: PCO_2 , la concentración de electrolitos y la concentración de ácidos débiles totales. Ni la $[\text{H}^+]$ ni la $[\text{HCO}_3^-]$ pueden cambiar, a menos que una o más de las tres variables varíe. Aunque calcular el valor exacto de la DIF es complicado, se puede estimar su valor aproximado mediante la fórmula $([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{lactato}]) = \text{DIF}$. Queda a juicio del clínico, la selección del modelo fisicoquímico para la evaluación del estado ácido-base del paciente, de acuerdo a la disponibilidad de herramientas de laboratorio y a los hallazgos clínicos y de laboratorio encontrados. Las muestras, se deben recolectar y conservar, adecuadamente y con extremo cuidado minimizando cualquier posible alteración en los valores de pH, gases sanguíneos y electrolitos, evitando así lecturas erróneas. Si la concentración de proteínas plasmáticas totales es normal, se sugiere emplear el modelo de Henderson-Hasselbach, estimando la

presencia de aniones no identificados, a través del cálculo de anión restante. Si la concentración de proteínas plasmáticas totales se encuentra por fuera del rango de referencia, se sugiere la utilización del modelo de iones fuertes de Stewart o el modelo de iones fuertes simplificado (PCO_2 , medida $[\text{DIF}^+]$ y $[\text{A}_{\text{TOT}}]$). La manipulación de los aniones y los cationes en la dieta por medio de la adición de sales fuertemente aniónicas (baja DCAD, acidogénicas) mejoran la disponibilidad y la absorción del calcio, disminuyendo así el riesgo de fiebre de leche, siendo el pH urinario como un indicador biológico preciso y de fácil uso en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, R.; HOLLAND, M.D.; ALDRIDGE, B.; GARRY, F.B.; ODDE, K.G. 1991. Arterial blood sample collection from the newborn calf. *Vet Res Commun* (Países Bajos). 15(5):387-394.
- ASTRUP, P.; JORGENSEN, K.; SIGGAARD ANDERSEN, O.; ENGEL, K. 1960. The acid base metabolism: a new approach. *Lancet*. 1(7133):1035-1037.
- ATKINSON, D.E.; BOURKE, E. 1987. Metabolic aspects of the regulation of systemic pH. *Am. J. Physiol*. 252:947-956.
- BAJCSY, A.; BARTYIK, J.; SZENCI, O. 1999. Comparison of blood ionized calcium and Acid-Base variables in samples from different sampling sites in dairy cows. *J. Vet. Med. A* (Alemania). 46(4):255-259.
- BAQUERO-PARRADO, J.R.; FUENTES-REYES, E.E. 2007. Fluidoterapia en ganado bovino. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* (Colombia). 10(2):1-17.
- BENJAMIN, M.M. 1991. Hematología: Extracción de sangre. *Manual de Patología Clínica en Veterinaria*. 3ª reimpresión, México, DF, Ed. Limusa, p.9-20.
- BIGNER, D.R.; GOFF, J.P.; FAUST, M.A.; TYLER, H.D.; HORST, R.L. 1997. Comparison of oral sodium compounds for the correction of acidosis. *J. Dairy Sci.* (EEUU). 80(9):2162-2166.
- BLEUIL, U.; LEJEUNE, B.; SCHWANTAG, S.; KAHN, W. 2007. Blood gas and acid-base analysis of arterial blood in 57 newborn calves. *Vet Rec.* (Reino Unido). 161(20):688-691.
- BLEUIL, U.; SCHWANTAG, S.; KÄHN, W. 2008. Blood gas analysis of bovine fetal capillary blood during stage II labor. *Theriogenology*. (EEUU) 69(2):245-251.
- BLOCK, E. 1994. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77(5):1437-1450.
- BUCCI, E.; FRONTICELLI, C.; ORTH, C.; MARTORANA, M.C.; AEBISCHER, L. 1988. Bovine hemoglobin as a basis for artificial oxygen carriers. *Biomater Artif Cells Artif Organs* (EEUU). 16(1-33):197-204.
- CAMBIER, C.; CLERBAUX, T.; MOREAUX, B.; DETRY, B.; BEERENS, D. 2001. Blood oxygen binding in calves with naturally occurring diarrhea. *Am. J. Vet. Res.* 62(5):799-804.
- CAMBIER, C.; CLERBAUX, T.; DETRY, B.; MARVILLE, V.; FRANS, A. 2002. Blood oxygen binding hypoxemic calves. *Vet. Res.* (Francia). 33(3):283-290.
- CARLSON, G.P. 1989. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Balance. En: Kaneko, J.J. ed. *Clinical and Biochemistry of Domestic Animals*. 4a Ed, San Diego, California, U.S.A., Ed. Academic Press, p.543-575.
- CASTAÑEDA, R.; MORENO, C.; OLIVER, O.; DONADO, P. 2002. Acid-base balance in bovine anaplasmosis. En: *Memorias: XXII World Buiatrics Congress Hannover, Alemania, agosto 18-23, Abstract* 510-299.
- CONSTABLE, P.D.; SCHMALL, L.M.; MUIR III, W.W.; HOFFSIS, G.F. 1991. Respiratory, renal, hematologic, and serum biochemical effects of hypertonic saline solution in endotoxemic calves. *Am. J. Vet. Res.* 52(7):990-998.
- CONSTABLE, P.D. 1991. Clinical assessment of renal tubular function through determination of electrolyte and creatinine concentrations. *J. Vet. Intern. Med.* (EEUU). 5(6):357-358.

- CONSTABLE, P.D. 1997. A simplified strong ion model for acid-base equilibria: application to horse plasma. *J. Appl. Physiol.* 83(1):297-311.
- CONSTABLE, P.D.; STREETER, R.N.; KOENING, G.J.; PERKINS, N.R.; GOHAR, H.M. 1997. Determinants and utility of the anion gap in predicting hyperlactatemia in cattle. *J. Vet. Intern. Med.* 11(2):71-79.
- CONSTABLE, P.D. 1999. Clinical assessment of acid-base status: Strong ion difference theory. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 15(3):447-471.
- CONSTABLE, P.D. 2000. Clinical assessment of acid-base status: comparison of the Henderson-Hasselbach and strong ion approaches. *Vet. Clin. Path. (EEU)*. 29(4):124.
- CONSTABLE, P.D. 2002. Calculation of variables describing plasma nonvolatile weak acids for use in the strong ion approach to acid-base balance in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 63(4):482-490.
- CONSTABLE, P.D. 2003. Fluid and electrolyte therapy in ruminants. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 19(3):557-597.
- CONSTABLE, P.D.; STAEMPFLI, H.R. 2004. Using the simplified strong ion approach to determine the mechanism for an acid-base disturbance in calves. En: *Memorias: 23rd World Buiatrics Congress, Quebec, Canada, julio 11-16, abstract 026 (3364)*.
- DELAQUIS, A.M.; BLOCK, E. 1995a. The effects of changing ration ingredients on acid-base status, renal function, and macromineral metabolism. *J. Dairy Sci.* 78(9):2024-2039.
- DELAQUIS, A.M.; BLOCK, E. 1995b. Acid-base status, renal function, water, and macromineral metabolism of dry cows fed differing in cation-anion difference. *J. Dairy Sci.* 78(3):604-619.
- DIRKSEN, G.U.; SMITH, M.C. 1987. Acquisition and analysis of bovine rumen fluid. *Bovine Pract. (EEU)*. 22:108-116.
- DUFFIN, J. 2005. The role of acid-base balance in the chemoreflex control of breathing. *J. Appl. Physiol.* 99(6):2255-2265.
- EICKER, S.W. 1990. An Introduction to Strong Ion Difference. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 6(1):45-49.
- EWASCHUK, J.B.; NAYLOR, J.M.; ZELLO, G.A. 2003. Anion gap correlates with serum D- and DL-lactate concentration in diarrheic neonatal calves. *J. Vet. Intern. Med.* 17(6):940-942.
- FELDMAN, B.F.; ROSENBERG, D.P. 1981. Clinical use of anion gaps in veterinary medicine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 178(4):396-398.
- FENCL, V.; JABOR, A.; KAZDE, A.; FIGGE, J. 2000. Diagnosis of metabolic acid-base disturbances in critically ill patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 162(2):2246-2251.
- FIGGE, J.; ROSSING, T.H.; FENCL, V. 1991. The role of serum proteins in acid-base equilibria. *J. Lab. Clin. Med. (EEU)*. 117(6):453-467.
- FLEMING, S.A.; HUNT, E.L.; RIVIERE, J.E.; ANDERSON, K.L. 1991. Renal clearance and fractional excretion of electrolytes over four 6-periods in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 52(1):5-8.
- FLEMING, S.A.; HUNT, E.L.; BORWNIE, C.; RAKES, A.; MCDANIEL, B. 1992. Fractional excretion of electrolytes in lactating dairy cows. *Am. J. Vet. Res.* 53(2):222-224.
- FUNK, G.C. 2007. Stewart's acid-base approach. *Wien Klinik Wochenschr. (Austria)*. 119(13-14):390-403.
- GABOW, P.A.; KAEHNY, W.D.; FENNESSEY, P.V.; GOODMAN, S.I.; GROSS, P.A. 1980. Diagnostic importance of an increased serum anion gap. *New Engl. J. Med. (EEU)*. 303(15):854-858.
- GABOW, P.A. 1985. Disorders associated with an altered anion gap. *Kidney Int. (EEU)*. 27(2):472-483.

- GALLIVAN, G.J.; MCDONELL, W.N.; FORREST, J.B. 1989. Comparative ventilation and gas exchange in the horse and the cow. *Res. Vet. Sci. (Reino Unido)*. 46(3):331-336.
- GARRET, E.F.; PEREIRA, M.N.; NORDLUND, A.V.; ARMENTANO, L.E.; GOODGER, W.J. 1999. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82(6):1170-1178.
- GARRY, F.B.; HULL, B.L.; RINGS, D.M.; KERSTING, K.; HOFFSIS, G. 1985. Prognostic value of anion gap calculation in cattle with abomasal volvulus: 58 cases (1980-1985). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 192(8):1107-1112.
- GELFERT, C.C.; PASSFELD, M.; LÖPTIEN, A.; MONTAG, N.; BAUMGARTNER, W.; STAUFENBIEL, R. 2006. Experimental studies on the impact of an increased dose of anionic salts on the metabolism of dairy cows. *Vet.Q. (Países Bajos)*. 28(4):130-139.
- GEISHAUSER, T.; MANNHARDT, K. 1994. Methods for the determination of pH value and redox potential in the rumen fluid of adult cattle. *Tierärztl. Praxis. (Alemania)*. 22(5):443-449.
- GROUTIDES, C.; MICHELL, A.R. 1990. Evaluation of acid-base disturbances in calf diarrhea. *Vet. Rec.* 126(2):29-31.
- GUSTIN, P.; LOMBA, F.; BAKIMA, M.; LEKEUX, P.; VAN DE MOESTIJNE, K.P. 1987. Partitioning of pulmonary resistance in calves. *J. Appl. Physiol.* 62(5):1826-1831.
- GUSTIN, P.; DETRY, B.; CAO, M.L.; CHENUT, F.; ROBERT, A.; ANSAY, M. 1994. Chloride and inorganic phosphate modulate binding of oxygen to bovine red blood cells. *J. Appl. Physiol.* 77(1):202-208.
- HALPERIN, M.L.; GOLDSTEIN, M.B. 1999. *The Clinical Approach to Acid-Base Disorders. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Physiology*. 3a Ed, Philadelphia, W.B. Saunders, 52p.
- HASSELBALCH, K.A. 1916. Die Berechnung der Wasserstoffzahl des Blutes auf der freien und gebundenen Kohlensäure desselben, und die Sauerstoffbindung des Blutes als Funktion der Wasserstoffzahl. *Biochem.* 78:112-144.
- HEJLASZ, Z.; NICPON, J.; RAULUSZKIEWICZ, S.; SAMBORSKI, Z. 1987. Buffers systems, electrolytes, pH, and erythrocyte indices in the blood of cows and calves in the perinatal period. *Pol. Arch. Weter. (Polonia)*. 25(2-3):225-235.
- HU, W.; MURPHY, M.R.; CONSTABLE, P.D.; BLOCK, E. 2007. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of dairy cows postpartum. *J. Dairy Sci.* 90(7):3367-3375.
- KASARI, T.R.; NAYLOR, J.M. 1986. Further studies on the clinical features and clinicopathological findings of a síndrome of metabolic acidosis with minimal dehydration in neonatal calves. *Can. J. Vet. Res.* 50(4):502-508.
- KASARI, T.R. 1999. Metabolic acidosis in calves. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 15(3):472-486.
- KRAUT, J.A.; MADIAS, N.E. 2007. Serum anion gap: its uses and limitations in clinical medicine. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2(1):162-174.
- LEBEDA, M. 1984. Concentration of ammonia in the urine of dairy cows given green feed rations and winter feed rations. *Vet. Med. (Prahá) (República Checa)*. 29(7):387-400.
- LISBÔA, J.A.N.; BENESI, F.J.; LEAL, M.L.R.; TEIXEIRA, C.M.C. 2003. Efeito do tempo após a ingestão de leite sobre o equilíbrio ácido-básico de bezerros. *Arqu. Bras. Med. Vet. e Zoot.* 55(6): 763-765.
- LORENZ, I. 2004. Investigations on the influence of serum D-lactate levels on clinical signs in calves with metabolic acidosis. *Vet. J.* 168(3):323-327.
- LORENZ, I.; VOGT, S. 2006. Investigations on the association of d-lactate blood concentrations with the outcome of therapy of acidosis, and with posture and demeanors in young calves with diarrhea. *J. Vet. Med. A.* 53(9):490-494.

- LUNN, D.P.; MCGUIRK, S.M. 1990. Renal regulation and acid-base balance in ruminants. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 6(1):1-28.
- MICHELL, A.R.; BYWATER, R.J.; CLARKE, A.W.; HALL, L.W.; WATERMAN, A.E. 1991. Regulación de los fluidos corporales. *Fluidoterapia Veterinaria*. 1a Ed, Edit. Acribia, Zaragoza, ESPAÑA. p.1-21.
- NAPPERT, G.; NAYLOR, J.M. 2001. A comparison of pH determination methods in food animal practice. *Can. Vet. J.* 42(5):364-367.
- NAYLOR, J.M. 1987. Evaluation of the total carbon dioxide apparatus and pH meter for the determination of Acid-Base status in diarrheic and healthy calves. *Can. Vet. J.* 28(1-2):45-48.
- NEIGER, R.D.; HAGEMOSER, W.A. 1985. Renal percent clearance ratios in cattle. *Vet. Clin. Pathol. (EEUU)*. 14(1):31-35.
- OETZEL, G.R.; OLSON, J.D.; CURTIS, C.R.; FETTMANN, M.J. 1988. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71(12):3302-3309.
- OETZEL, G.R.; FETTMANN, M.J.; HAMAR, D.W.; OLSON, J.D. 1991. Screening of anionic salts for palatability, effects on acid-base status, and urinary calcium excretion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74(3):965-971.
- OETZEL, G.R. 2000. Management of dry cows for the prevention of milk fever and other mineral disorders. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 16(2):369-386.
- OETZEL, G.R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet. Clin. North Am., Food Anim. Pract.* 20(3):651-674.
- OLIVER, O.E. 1998. Balance Hídrico, Electrolítico y Acido-Base: Implicaciones terapéuticas. En: *Memorias Equilibrio Hídrico-electrolítico y Acido-Base en Medicina Veterinaria*. Santa Fe de Bogotá D.C, Facultad de Medicina Veterinaria, U.N. Colombia, Abril 24 y 25, p.42.
- QUINTARD, H.; HUBERT, S.; ICHAI, C. 2007. What is the contribution of Stewart's concept in acid-base disorders analysis? *Ann. Franç. d'Anesthésie et de Réanimation (Francia)*. 26(5):423-433.
- RADOSTITIS, O. 2002. Exploración clínica del aparato digestivo. En Radostitis, O.M; Mayhew, I.G.J., Houston, D.M. eds. *Examen y Diagnóstico Clínico en Veterinaria*. 1a ed, Ed. Harcourt, España. p.349-468.
- RAMÍREZ, G.; BITTLE, P.A.; COLICE, G.L.; SANTACRUZ, R.; HIDALGO, A. 1992. Blood biochemical characteristics of cattle at sea level and moderately high altitude (3.000m). *Am. J. Vet. Res.* 53(4):54-550.
- REHM, M.; CONZEN, P.F.; PETER, K.; FINSTERER, U. 2004. The Stewart model. „Modern“ approach to the interpretation of the acid-base metabolism. *Anaesthetist (Alemania)*. 53(4):347-357.
- ROEDER, B.L.; CLARK, F.D. 1995. Determination of serum ionized calcium concentration in dairy cattle after frozen anaerobic storage. *Vet. Clin. Pathol.* 24(2):44-48.
- ROLLIN, F.; DESMECHT, D.; GENICOT, B.; LINDEN, A.; LOMBA, A. 1997. Ventilatory effects of the single-breath CO₂ test, compared with eructation, in cattle. *Am J Vet Res.* 58(3):310-316.
- ROUSSEL, A.J.; WHITNEY, M.S.; COLE, D.J. 1997. Interpreting a bovine serum chemistry profile: Part 2. *Vet Med.* 92(6):559-566.
- SÁNCHEZ, W.; BLOCK, U. 2000. Update on DCAD: Milking and transition cows. *Proc. Calif. Anim. Nutr. Conf. Fresno. CA*. p.106-125.
- SATTLER, N.; FECTEAU, G.; COUTURE, Y.; TREMBLAY, A. 2001. Determination of the potassium balances in dairy cows and the examination of daily and lactation period-associated variations. *Can. Vet. J.* 42(2):107-115.
- SEIFII, H.A.; MOHRI, M.; KALAMATI-ZADEH, J., 2004. Use of pre-partum urine pH to predict the risk of milk fever in dairy cows. *Vet. J. (Reino Unido)*. 167(3):281-285.

- SETIA, M.S.; SINGH, A.; KAHLON, R.S.; RANDHAWA, S.S. 1996. Alterations in the systemic acid-base status and blood gas dynamics during progressive hypocalcaemia in cow calves. *Indian J. Exp. Biol.* 34(4):375-376.
- SHERLOCK, M.; HEALY, A.M.; DOHERTY, M.L. 2003. Acid-base balance in field cases of bovine babesiosis. *Vet. Rec.* 152:687-688.
- SIMPSON, D.F.; ERB, H.N.; SMITH, D.F. 1985. Base excess as a prognostic and diagnostic indicator in cows with abomasal volvulus or right displacement of the abomasum. *Am. J. Vet. Res.* 46(4):796-797.
- SINGH, A.; RANDHAWA, S.S.; SETIA, M.S. 1989. Alterations in acid-base status and blood gas dynamics during progressive hyperkalemia in neonatal calves. *Res. Vet. Sci.* 46(2):277-279.
- STAEMPFLI, H.R.; PETRIE, J.P.; LUMSDEN, J.H. 1994. The weak acid concentration of plasma in Holstein calves. En: *Proceedings VI Congress International Society for Animal Clinical Biochem.* p.76.
- STAEMPFLI, H.R. 2005. Role of electrolytes in acid-base balance: theory and practicality. *Proceedings of the ACVIM (American College Veterinary Internal Medicine) Forum Baltimore. Electronic Proceedings.*
- STEWART, P.A. 1983. Modern quantitative acid-base chemistry. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 61(12):1444-1461.
- STOCKER, H.; LUTZ, H.; KAUFMANN, C.; RÜSCH, P. 1999. Acid-base disorders in milk-fed calves with chronic indigestion. *Vet. Rec.* 145(12):340-346.
- STOCKHMAN, S.L., SCOTT, M.A. 2002. Blood gases, blood pH, and strong ion difference. *Veterinary Clinical Pathology.* 1a ed. Blackwell Publishing. Iowa, U.S.A. p.381-400.
- SZENCI, O.; NYIRO, K. 1981. Assessment of the parameters controlling the acid-base status of newborn calves. A modification of Van Slyke's equation. *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 29(2):153-157.
- SZENCI, O.; KUTAS, F.; HARASZTI, J. 1982. Influence of induced maternal acidosis on the acid-base balance of the newborn calf. *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 30(1-3):71-77.
- SZENCI, O. 1982. Correlations between muscle tone and acid-base balance in newborn calves: experimental substantiation of a simple new score system proposed for neonatal status diagnosis. *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 30(1-3):80.
- SZENCI, O.; GÁLFI, P.; LAJCSÁK, A. 1984. Comparison of Carbonic Anhydrase In Neonatal and Maternal Red Blood Cells with different Levels of Acidosis in Newborn Calves. *J. Vet. Med. A.* 31(6):437-440.
- SZENCI, O. 1985. Role of acid-base disturbances in perinatal mortality of calves. *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 33(3-4):205-220.
- SZENCI, O.; BRYDL, E.; BAJCSY, C.A. 1991. Effect of storage on measurement of ionized calcium and acid-base variables in equine, bovine, ovine, and canine venous blood. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 199(9):1167-1169.
- SZENCI, O.; CHEW, B.P.; BAJCSY, C.A.; SZABO, P.; BRYDL, E. 1994. Total and ionized calcium in parturient dairy cows and their calves. *J. Dairy Sci.* 77(4):1100-1105.
- TUCKER, W.B.; HARRISON, G.A.; HEMKEN, R.W. 1988. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71(2):346-354.
- TYLER, H.; RAMSEY, H. 1991. Hypoxia in neonatal calves: effects on selected metabolic parameters. *J. Dairy Sci.* 74(6):1957-1962.
- ULUTAS, B.; SAHAL, M. 2005. Urinary GGT/creatinine ratio and fractional excretion of electrolytes in diarrhoeic calves. *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 53(3):351-359.
- UYSTEPRUYST, C.; COGUE, J.; DORTS, T.; HARMEGNIES, N.; DELSEMME, M. 2002. Sternal recumbency or suspension by the hind legs immediately

- after delivery improves respiratory and metabolic adaptation to extrauterine life in newborn calves delivered by cesarean section. *Vet. Res.* 33(6):709-724.
- VAGNONI, D.B.; OETZEL, G.R. 1998. Effects of Dietary Cation-Anion Difference on the Acid-Base Status of Dry Cows. *J. Dairy Sci.* 81(6):1643-1652.
- VAN MOSEL, M.; VAN T KLOOSTER, A.T.; VAN MOSEL, F.; VAN DER KUILEN, J. 1993. Effects of reducing dietary ($[Na^+ + K^+] - [Cl^- + SO_4^{2-}]$) on the rate of calcium mobilization by dairy cows at parturition. *Res Vet Sci.* 54(1):1-9.
- VAN MOSEL, M.; WOUTERSE, H.S.; VAN T KLOOSTER, A.T. 1994. Effects of reducing dietary ($[Na^+ + K^+] - [Cl^- + SO_4^{2-}]$) on bone in dairy cows at parturition. *Res. Vet Sci.* 56(3):270-276.
- VIAMONTE, M.I.; FAJARDO, L.C.; RONDON, G. 1992. Estado ácido-básico en hembras bovinas lecheras con diferentes estados reproductivos. *Rev. Cubana Cienc. Vet.* 23(2-3):113-115.
- WEST, J.W. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86(3):2131-2144.
- WHITEHAIR, K.J.; HASKINS, S.C.; WHITEHAIR, J.G.; PASCOE, P.J. 1995. Clinical applications of quantitative acid-base chemistry. *J. Vet. Intern. Med.* 9(1):1-11.
- WILKES, P. 1998. Hypoproteinemia, strong-ion difference, and acid-base status in critically ill patients. *J. Appl. Physiol.* 84(5):1740-1748.
- WILSON, G.D.; HUNTER, J.T.; DERRICK, G.H.; AITKEN, W.M.; KRONFELD, D.S. 1977. Fetal and maternal plasma electrolytes, blood gases, and pH in dairy cattle during late pregnancy. *J. Dairy Sci.* 60(6):1110-1116.
- WILDMAN, C.D.; WEST, J.W.; BERNARD, K. 2007. Effects of Dietary Cation-Anion Difference and Potassium to Sodium Ratio on Lactating Dairy Cows in Hot Weather. *J. Dairy Sci.* 90(2):970-977.
- WINTER, S.D.; PEARSON, J.R.; GABOW, P.A.; SCHULTZ, A.L.; LEPOFF, R.B. 1990. The fall of the serum anion gap. *Arch. Intern. Med. (EEUU).* 150(2):311-313.

Recibido: Febrero 29 de 2008

Aceptado: Octubre 14 de 2008

PRIMEROS DATOS SOBRE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL TIGRILLO, *Leopardus pardalis*, EN UN BOSQUE ANDINO DE COLOMBIA

FIRST DATA ON THE FOOD HABITS OF THE OCELOT, *Leopardus pardalis*, IN A COLOMBIAN ANDEAN FOREST

Francisco Sánchez ¹

Bibiana Gómez-Valencia ²

Silvia J. Álvarez ³

Marcela Gómez-Laverde ⁴

RESUMEN

El estudio de siete muestras fecales de tigrillo, *Leopardus pardalis*, encontradas en un bosque andino colombiano, entre 2200 y 2900m de altitud, permitió obtener una visión preliminar de los hábitos alimentarios de este felino. *Leopardus pardalis* consumió principalmente mamíferos, ~90% de las presas y también aves. Entre los mamíferos, los de <400 g y de >400 g representaron ~52% y ~38% de las presas, respectivamente. La frecuencia relativa de presas de >400 g es alta comparada con lo presentado por otros estudios;

posiblemente, se deba a que depredadores de mayor tamaño han desaparecido del área de estudio, lo que permite al tigrillo ampliar su rango de tamaño de presas, al convertirse en el mayor depredador del bosque.

Palabras clave: Andes, departamento Caldas, carnívora, dieta, Felidae.

SUMMARY

A preliminary analysis of the feeding habits of the ocelot, *Leopardus pardalis*, was made based on the examination of seven fecal samples found in a Colombian Andean forest, between 2200 and 2900m of altitude. The ocelot fed mainly on mammals, ~90% of prey, and also ate birds. Among mammals, those weighing <400g and >400g represented ~52% and 38% of the prey, respectively. The relative frequency of >400g prey is high when compared with the results from other studies. This might be due to the extinction of larger predators from the study site, which consequently allowed the ocelot to widen its range of prey sizes when it became the largest predator of the forest.

Key words: Andes, Caldas, Carnivora, diet, Felidae.

INTRODUCCIÓN

El tigrillo, *Leopardus pardalis*, Linneo 1758 (Carnivora: Felidae), se distribuye en el Nuevo Mundo desde

¹ Ph.D. Instituto de Ciencias Naturales-Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria. Dirección actual y para correspondencia: Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A. Calle 222 # 55-37 Bogotá, Colombia. Correo electrónico: fasbos@gmail.com.

² Bióloga. Instituto de Ciencias Naturales-Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: bibianagomez_valencia@yahoo.com.

³ M.Sc. Fundación Caipora. Calle 129b # 51 – 91. Bogotá. Correo electrónico: silviaalvarez@fundacioncaipora.org.

⁴ M.Sc. Instituto de Ciencias Naturales-Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: gomezlaverde@supercabletv.net.co.

Arizona y Texas, en Norte América, a través de Centro America, hasta Argentina y Uruguay, en América del Sur (Wozencraft, 1993). Este felino habita diferentes ecosistemas, entre los que se incluyen sabanas, bosques secos y lluviosos de tierras bajas, así como bosques secos y lluviosos premontanos y montanos (Bisbal, 1989). El tigrillo es más frecuente en tierras bajas que en áreas montanas (Bisbal, 1989; Eisenberg, 1989) e incluso algunos autores mencionan que en Colombia no se halla por encima de los 2400 m de altura (Alberico *et al.* 2000). Por esto, aunque el tigrillo es la especie mejor estudiada entre los felinos pequeños de América, es poca la información acerca de su biología en regiones montañosas y, en particular, no hay datos sobre su dieta en hábitat andinos (Murray & Gardner, 1997).

Los tigrillos adultos tienen entre 8 y 12kg de masa corporal (Emmons, 1997) y cazan presas con un amplio rango de tamaños. Los estudios disponibles sobre la dieta del tigrillo, que se han realizado en bosques tropicales de zonas bajas, indican que se alimenta principalmente de vertebrados pequeños, <400g, entre los que se cuentan: pequeños mamíferos, aves, reptiles, peces y anfibios (Bisbal, 1986; Mondolfi, 1986; Emmons, 1987; Ludlow & Sunquist, 1987; Konecny, 1989; Chinchilla, 1997; De Villa Mesa *et al.* 2002; Bianchi & Mendes, 2007; Abreu *et al. en prensa*). También caza invertebrados y animales de mayor tamaño, como roedores caviomorfos (>3kg), por ejemplo, *Dasyprocta* y *Agouti*; primates (> 3kg), como *Alouatta* y *Brachiteles* y artiodáctilos (>5kg), tales como saínos y venados. Así, cabe preguntar si los hábitos alimentarios de *L. pardalis* en regiones andinas difieren de los exhibidos en zonas bajas neotropicales. Durante un estudio sobre los mamíferos en un bosque en los Andes Centrales de Colombia (Sánchez & Alvear, 2003; Sánchez *et al.* 2004), se recolectaron siete muestras de heces de tigrillo, entre 2200 y 2900 m de altitud. Aunque el número de muestras es pequeño, debido a la baja abundancia de estos felinos en el área de estudio (Sánchez *et al.* 2008), estas muestras se examinaron para obtener los primeros datos sobre la dieta del tigrillo en bosques andinos. Este tipo de información es particularmente importante, dado que el tigrillo es una especie casi amenazada en Colombia (Jorgenson *et al.* 2006), y una de las razones, para ello, es la destrucción de los hábitat boscosos, muy acentuada en los Andes (Kattan & Álvarez-López, 1996).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio: La investigación, se realizó en la Reserva Río Blanco, municipio de Manizales, departamento de Caldas, Colombia. La Reserva tiene un área aproximada de 30km², entre 2150 y 3750m de altitud y comprende un remanente de bosque rodeado de pastizales y áreas cultivadas, conectada con otras zonas de bosque a menores alturas, por remanentes de bosques riparios. El principal tipo de vegetación es el bosque andino, pero también hay reforestaciones con aliso (*Alnus acuminata*) y con especies exóticas (*Eucaliptus* sp., *Pinus* sp., *Cupressus* sp.). Como en otras zonas de la Cordillera Central, el aliso ha sido usado para recuperar la cobertura boscosa y para proteger fuentes de agua (Cavelier, 1995; Murcia, 1997) y comprende aproximadamente 26% del área de la Reserva, mientras que las reforestaciones, con especies exóticas, comprenden aproximadamente el 21%. En la Reserva también hay áreas en regeneración dominadas por pastos, las cuales presentan árboles dispersos.

Las áreas de la Reserva con bosque andino tienen vegetación con dos estratos de árboles (5-15m y 20-25m) y los árboles y arbustos del sotobosque tienen hasta 5m (Anónimo, 1987). Los árboles tienen copas en forma de sombrilla, con los troncos y ramas cubiertas por epifitas vasculares y no vasculares (Hernández-Camacho & Sánchez, 1992). En general, los árboles tienden a decrecer en tamaño al aumentar la altitud. En estos bosques son abundantes las familias Asteraceae, Melastomataceae, Solanaceae y Ericaceae y, en particular, son abundantes las especies *Weinmannia pubescens*, *Freziera canescens* y *Saurauia brachybotris* (Alvear, 2000). En las reforestaciones, el tamaño de los árboles aumenta con la edad de plantación y forma un dosel uniforme, entre los 20 y 35m. El sotobosque de las reforestaciones está dominado por especies heliófilas, como *Bocconia frutescens*. Más detalles sobre la vegetación de la Reserva, se pueden encontrar en Sánchez *et al.* (2004; 2008).

Muestreo y análisis de las heces: Durante recorridos hechos por caminos existentes en la Reserva, se recogieron las muestras con heces de tigrillo. Los recorridos, se llevaron a cabo, principalmente, entre las 05:00 y 07:00 horas, para un total de 36 recorridos en bosque andino (2500-3300m), 43 en reforestaciones

con aliso (2800-3200m) y doce en áreas de regeneración de bosque altoandino (3300-3500m). En las áreas en regeneración no se encontraron heces de tigrillo. Entre los meses de octubre y noviembre de 1998, se encontraron tres muestras, entre enero y abril de 1999, otras tres, y en abril de 2000, se halló la última muestra, que correspondía a una acumulación de deposiciones de un período de tiempo desconocido. Seis de las muestras, se encontraron en tres sitios de la Reserva que formaban pequeñas cavidades y estaban ligeramente elevados (~20-50cm) del nivel del camino, es decir, en letrinas.

Para identificar las heces, se usaron las figuras y medidas presentadas en Aranda (1981). La presencia de huellas de tigrillo en las letrinas, reconocidas con base en las figuras y medidas de la misma referencia, sirvió para confirmar la identificación de las heces.

Después de recolectadas en bolsas de papel marcadas, las heces fueron llevadas al laboratorio para ser secadas y, posteriormente, se preservaron en etanol 70%. Para su análisis, las muestras fueron segregadas y examinadas con un microscopio estereoscópico. De cada muestra, se separaron fragmentos de huesos, dientes, garras y pelos. Estas partes, se identificaron por comparación con especímenes capturados en la Reserva (Sánchez & Alvear, 2003; Gómez-Valencia, 2004) y preservados en la Colección de Mamíferos del Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, así como con otros ejemplares, incluidos en esta colección. Adicionalmente, se consultó literatura especializada para la identificación de los restos de los pequeños mamíferos (Voss, 1988; Carleton & Musser, 1989; Voss, 2003). Los nombres comunes de la mayoría de las especies, se obtuvieron de entrevistas con habitantes de la región (Sánchez & Alvear, 2003), pero los nombres de los roedores pequeños, siguen a Rodríguez-Mahecha *et al.* (1995).

De acuerdo con la presencia de fragmentos de huesos y dientes de cada tipo de presa en cada muestra, se calculó el número mínimo de individuos, NMI (Emmons, 1987). Para ello, se asumió que todos los fragmentos de una misma especie en una muestra pertenecían al mismo individuo, a menos que se encontrara el mismo diente o hueso, más de una vez. El NMI fue usado para estimar la frecuencia relativa de cada tipo de presa, así: $FR_i = [NMI \text{ de la presa } i / \text{total NMI}] \times 100$. Cuando se

encontraron fragmentos de la misma especie de presa en muestras recolectadas en días consecutivos y en la misma letrina, se consideró que dichos fragmentos pertenecían al mismo individuo. No se calculó la frecuencia de ocurrencia de las presas, debido a que una muestra era una acumulación de deposiciones.

La lista de especies, se empleó para clasificar las presas halladas en las muestras, como pequeñas, < 400g, o medianas > 400g y la información sobre la masa de cada especie, se extrajo de referencias bibliográficas (Eisenberg, 1989; Emmons, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las muestras examinadas contenían dos o más tipos de presas y en total se encontró un número mínimo de 29 presas, entre mamíferos y aves (Tabla 1). Los mamíferos pequeños, <400g, representaron el 51,72% de las presas en la dieta del tigrillo, mientras que los mamíferos >400g constituyeron el 37,93% (Tabla 1). El resto de las presas, 10,34%, se identificaron como aves a partir de huesos y unas pocas plumas, pero no fue posible determinar, con mayor detalle, su identidad taxonómica. De las 29 presas, dos especies representaron casi el 45% de la dieta: el 27,6% correspondió a una especie de mamífero pequeño, *Microryzomys minutus* y un 17,2%, al cusumbo mocososo, *Nasuella olivacea*.

La principal diferencia en los hábitos alimentarios del tigrillo encontrados en este estudio y los de tierras bajas es la identidad específica de las presas cazadas y esto es porque la mayoría de las presas de este estudio como *Didelphis albiventris*, *Nasuella olivacea*, *Akodon bogotensis*, *Chilomys instans*, *Microryzomys minutus*, *Thomasomys gr. aureus*, *Coendou rufescens* son propias de ambientes andinos, por encima de los 1500m de altitud (Alberico *et al.* 2000). Adicionalmente, *Dinomys branickii* también es una presa no antes reportada en la dieta del tigrillo, aunque este roedor está presente tanto en tierras bajas como en áreas montañosas de los Andes, ~240-3200m (White & Alberico, 1992).

En la dieta del tigrillo, se encontró un roedor que no había sido registrado en la Reserva (Sánchez & Alvear, 2003; Gómez-Valencia, 2004). En efecto, uno de los dientes hallados en las muestras corresponde a un miembro de la subfamilia Ichthyominae, pero sus características son

Tabla 1. Número mínimo de individuos, NMI, en las muestras y frecuencia relativa, FR, de las presas encontradas en las heces del tigrillo en la Reserva Río Blanco, Manizales, Colombia. $FR_i = (NMI \text{ del tipo de presa } i / \text{total NMI}) \times 100$. Muestras = Número de muestras con el tipo de presa *i*.

Tipo de presa (Nombre común)	Muestras	NMI	FR
Didelphidae ¹ (Chucha ^a)	1	1	3,45
<i>Akodon bogotensis</i> (Ratoncito arrocero bogotano ^b)	1	1	3,45
<i>Chilomys instans</i> (Ratón selvático colombiano ^b)	1	1	3,45
Ichtyomiinae	1	2	6,90
<i>Microryzomys minutus</i> (Ratoncito arrocero diminuto ^b)	1	8	27,6
<i>Thomasomys</i> gr. <i>aureus</i> (Ratón montañero acanelado ^b)	1	1	3,45
Pequeño mamífero no identificado	1	1	3,45
Subtotal mamíferos pequeños (<400g)	2	15	51,72
<i>Didelphis albiventris</i> (Chucha ^a)	1	1	3,45
<i>Nasua olivacea</i> (Cusumbo mocososo ^a)	3	5	17,24
<i>Coendou rufescens</i> (Erizo ^a)	4	3	10,34
<i>Dinomys branickii</i> (Guagua loba ^a)	1	1	3,45
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Conejo ^a)	2	1	3,45
Subtotal mamíferos medianos (>400g)	7	11	37,93
<u>Aves</u>	4	3	10,34
<u>Material vegetal</u>	4		
TOTAL	7	29	100%

¹ Probablemente es un juvenil de *Didelphis albiventris*.

^a Nombre común dado por los habitantes de la región.

^b Nombre común tomado de Rodríguez-Mahecha *et al.* (1995).

diferentes a las de *Neusticomys monticolus*, que es el único representante de la subfamilia, reportado para los Andes Centrales de Colombia (Gómez-Laverde, 1994). Esto sugiere que son necesarios muestreos adicionales para complementar el inventario de mamíferos del área de estudio.

Los resultados indican que el tigrillo se alimentó de especies diurnas, como los cusumbos y las aves, y que también caza animales de hábitos, principalmente nocturnos, como las chuchas, los conejos, los erizos, las guaguas lobas y los pequeños roedores. Estos resultados

conducen a los estudios que sugieren que este felino está activo básicamente en la noche, pero no es raro que cace en el día (Emmons, 1988; Konecny, 1989; Sunquist *et al.* 1989).

Como se ha encontrado en estudios anteriores sobre la dieta del tigrillo (Bisbal, 1986; Mondolfi, 1986; Emmons, 1987; Ludlow & Sunquist, 1987; Konecny, 1989; Chinchilla, 1997; De Villa Mesa *et al.* 2002; Moreno *et al.* 2006), este felino consumió presas con un amplio rango de tamaños, desde animales pequeños, como *M. minutus*, con una longitud cabeza-cuerpo promedio

de 80,6mm y <18g (Carleton & Musser, 1989; Gómez-Valencia, 2004), hasta presas como *D. branickii*, cuyos adultos tienen en cabeza-cuerpo entre 730 y 790mm y pesan más de 8kg (White & Alberico, 1992). También, como se ha encontrado en estudios anteriores, en la Reserva, el tigrillo se alimentó principalmente de mamíferos, y entre estos los pequeños mamíferos (<400g) fueron el tipo de presa mejor representado. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de las investigaciones anteriores, la frecuencia de mamíferos medianos, >400g, es relativamente alta, ~38%. Una posible explicación a este resultado, se puede relacionar con el pequeño número de muestras en este estudio. Las letrinas donde se encontraron las muestras no estaban alejadas entre sí más de 5km y, dado que los tigrillos pueden recorrer más de 6 km por día (Konecny, 1989), es posible que las muestras analizadas pertenecieran al mismo individuo. Así, otra posible explicación para la relativamente alta frecuencia de presas de tamaño mediano es que las muestras analizadas provienen de un animal, con un sesgo por este tipo de presas.

Dado que los tigrillos se comportan como depredadores oportunistas y capturan cualquier vertebrado que puedan cazar (Emmons, 1988; Konecny, 1989), la relativamente alta proporción de mamíferos de >400 g en su dieta podría reflejar la abundancia de estas presas, en el área de estudio. Esta idea es apoyada por el hecho de que el cusumbo mocososo, la presa de >400g, más frecuente en las muestras, parece ser uno de los mamíferos medianos más abundantes de la Reserva (Sánchez *et al.* 2008).

El tigrillo, se ha convertido en el mayor depredador de la Reserva, dado que carnívoros de mayor tamaño, como los pumas, *Puma concolor* y los jaguares, *Panthera onca*, desaparecieron de la región, durante el siglo XX (Sánchez *et al.* 2004). En efecto, Moreno *et al.* (2006) sugieren que en áreas con jaguares, las presas de tamaño pequeño, son más frecuentes en la dieta de los tigrillos que en aquellos sitios donde los jaguares han desaparecido, por lo tanto, la ausencia de competencia por presas con grandes carnívoros pudo haber permitido que el tigrillo ampliara su rango de tamaño de presas en la Reserva.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a Alberto Cadena, por su ayuda en la identificación de los

mamíferos en la dieta del tigrillo y a Angélica Guzmán, por su colaboración en la separación de muestras. Rimma Gluhik y Dinesh Rao hicieron comentarios constructivos que ayudaron a mejorar el manuscrito. F. Sánchez agradece a los habitantes de la Reserva y a los ayudantes, por su apoyo durante el trabajo de campo y a la Fundación Gabriel Arango Restrepo, por el apoyo financiero al proyecto "Mamíferos de la Reserva Río Blanco".

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, K.C.; MORO-RIOS, R.F.; SILVA-PEREIRA, J.E.; MIRANDA, J. M.D.; JABLONSKI, E.F.; PASSOS, F.C. 2007 Feeding habits of ocelot (*Leopardus pardalis*) in Southern Brazil. *Mammalian Biology* (en prensa).
- ALBERICO, M.; CADENA, A.; HERNÁNDEZ-CAMACHO, J.; MUÑOZ-SABA, Y. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana* 1:43-75.
- ALVEAR, M. 2000. Flora y vegetación de la Reserva Torre Cuatro (Manizales, Colombia). Tesis de pregrado inédita. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (Bogotá).
- ANÓNIMO. 1987. Cartografía integrada del medio natural: Chinchiná - Manizales. Análisis Geográficos - Instituto Geográfico Agustín Codazzi 8.
- ARANDA, J.M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México: manual de campo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (Xalapa, México). 198p.
- BIANCHI, R.C.; MENDES, S.L. 2007. Ocelot (*Leopardus pardalis*) predation on primates in Caratinga Biological Station, Southeast Brazil. *Am. J. Primatology*. 69:1173-1178.
- BISBAL, F.J. 1986. Food habits of some Neotropical carnivores in Venezuela (Mammalia, Carnivora). *Mammalia*. 50:329-337.
- BISBAL, F.J. 1989. Distribution and habitat association of the carnivores in Venezuela. En: Redford, K.H.;

- Eisenberg, J.F., eds. *Advances in Neotropical Mammalogy*. The Sandhill Crane Press, Inc. (Gainesville, Fl.). p.339-362.
- CAVELIER, J. 1995. Reforestation with the native tree *Alnus acuminata*: effects on phytodiversity and species richness in an upper mountain rain forest area of Colombia. En: Hamilton, L.S., Juvik, J.O.; Scatena, F.N., eds. *Tropical montane cloud forest*. Springer-Verlag, (New York). p.125-137.
- CARLETON, M.D.; MUSSER, G.G. 1989. Systematic studies of Oryzomyinae rodents (Muridae, Sigmodontinae): a synopsis of *Microroryzomys*. *Bull. Am. Museum of Natural History*. 191:1-83.
- CHINCHILLA, F.A. 1997. La dieta del jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*) y el manigordo (*Felis pardalis*) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Rev. Biología Tropical*. 45:1223-1229.
- DE VILLA MESA, A.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. 2002. Ocelot (*Leopardus pardalis*) food habits in a tropical deciduous forest of Jalisco, Mexico. *Am. Midland Naturalist*. 148:146-154.
- EISENBERG, J.F. 1989. *Mammals of the Neotropics: the northern Neotropics*. Vol. 1. The University of Chicago Press (Chicago). 449p.
- EMMONS, L.H. 1987. Comparative feeding ecology of felids in a Neotropical rainforest. *Behavior, Ecology and Sociobiology*. 20:271-283.
- EMMONS, L.H. 1988. A field study of ocelots (*Felis pardalis*) in Peru. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*. 43:133-157.
- EMMONS, L.H. 1997. *Neotropical rainforest mammals*, 2° ed. The University of Chicago Press (Chicago). 307p.
- GÓMEZ-LAVERDE, M. 1994. Los pequeños mamíferos no voladores del Parque Regional Natural Ucumarí. En: Rangel J.O., ed. *Ucumarí: Un caso típico de la diversidad biótica andina*. CARDER (Corporación Autónoma Regional de Risaralda) - Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia (Pereira). p.377-396.
- GÓMEZ-VALENCIA, B. 2004. Estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en un gradiente altitudinal, Reserva Río Blanco, Manizales-Caldas, Colombia. Tesis de pregrado inédita, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). 98p.
- HERNÁNDEZ-CAMACHO, J.I.; SÁNCHEZ, H. 1992. Biomas terrestres de Colombia. En: Halffter, G.C.C., ed. *Diversidad biológica de Iberoamérica I*. Instituto de Ecología (Xalapa, México). 390p.
- JORGENSEN, J.P.; RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V.; BEDOYA-GAITÁN, M.; DURÁN-RAMÍREZ, C.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. 2006. Tigrillo canaguaro *Leopardus pardalis*. En: Rodríguez-Mahecha, J.V.; Alberico, M.; Trujillo, F.; Jorgenson, J., eds. *Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Conservación Internacional Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Bogotá, Colombia). p.338-343.
- KATTAN, G.H.; ÁLVAREZ-LÓPEZ, H. 1996. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes. En: Schelhas, J.; Greenberg, R., eds. *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press (Washington, D. C.). p.3-18.
- KONECNY, M.J. 1989. Movement patterns and food habits of four sympatric carnivore species in Belize, Central America. En: Redford, K.H.; Eisenberg, J.F., eds. *Advances in Neotropical Mammalogy*. The Sandhill Crane Press, Inc. (Gainesville, Fl.). p.243-264.
- LUDLOW, M.E.; SUNQUIST, M.E. 1987. Ecology and behavior of ocelots in Venezuela. *National Geographic Res.* 3:447-461.
- MONDOLFI, E. 1986. Notes on the biology and status of the small wild cats in Venezuela. En: Miller, S.D.; Everett, D.D., eds. *Cats of the World: biology, conservation, and management*. National Wildlife Federation (Washington, D.C.). p.125-146.
- MORENO, R.S.; KAYS, R.W.; SAMUDIO, R., JR. 2006. Competitive release in diets of ocelot (*Leopardus pardalis*)

- and puma (*Puma concolor*) after jaguar (*Panthera onca*) decline. *J. Mammalogy*. 87:808-816.
- MURCIA, C. 1997. Evaluation of Andean alder as a catalyst for the recovery of tropical cloud forest in Colombia. *Forest Ecology and Management*. 99:163-170.
- MURRAY, J.L.; GARDNER, G.L. 1997. *Leopardus pardalis*. *Mammalian Species*. 548:1-10.
- RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V., HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. I.; DEFLER, T.R.; ALBERICO, M.; MAST, R.B.; MITTERMEIER, R.A.; CADENA, A. 1995. Mamíferos colombianos: sus nombres comunes e indígenas. Vol. 3. Conservation International (Bogotá). 56p.
- SÁNCHEZ, F.; ALVEAR, M. 2003. Comentarios sobre el uso de hábitat, dieta y conocimiento popular de los mamíferos en un bosque andino de Caldas, Colombia. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas* 7:121-144.
- SÁNCHEZ, F.; SÁNCHEZ-PALOMINO, P.; CADENA, A. 2004. Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes centrales de Colombia. *Caldasia*. 26:291-309.
- SÁNCHEZ, F.; SÁNCHEZ-PALOMINO, P.; CADENA, A. 2008. Species richness and indices of abundance of medium-sized mammals in an Andean forest and reforestations with Andean alder: a preliminary analysis. *Caldasia*. 30:197-208.
- SUNQUIST, M.E.; SUNQUIST, F.; DANEKE, D.E. 1989. Ecological separation in a Venezuelan llanos carnivore community. En: Redford, K.H.; Eisenberg, J.F., eds. *Advances in Neotropical Mammalogy*. The Sandhill Crane Press, Inc. (Gainesville, Florida, USA). p.197-232.
- VOSS, R.S. 1988. Systematics and ecology of Ichthyomyine rodents (Muroidea): patterns of morphological evolution in a small adaptive radiation. *Bull. Am. Museum of Natural History*. 188:259-493.
- VOSS, R.S. 2003. A new species of *Thomasomys* (Rodentia: Muridae) from eastern Ecuador, with remarks on mammalian diversity and biogeography in the Cordillera Oriental. *Am. Museum Novitates*. 3421:1-47.
- WHITE, T.G.; ALBERICO, M.S. 1992. *Dinomys branickii*. *Mammalian Species*. 410:1-5.
- WOZENCRAFT, W.C. 1993. Order Carnivora. En: Wilson, D.E.; Reeder, D. M., eds. *Mammal species of the world*. Smithsonian Institution Press (Washington, D.C.). p.286-346.

Recibido: Febrero 28 de 2008

Aceptado: Septiembre 8 de 2008

INVENTARIO PRELIMINAR DE AVES EN DOS FRAGMENTOS DE BOSQUE EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES COLOMBIANOS

PRELIMINARY BIRD INVENTORY IN TWO FOREST FRAGMENTS OF THE COLOMBIAN EASTERN ANDEAN SLOPE

Yudy Cristina Gomez ¹

Adelmo Rivera Díaz ²

José Roberto Gómez ³

Nelcy Patricia Vargas ⁴

RESUMEN

La alteración en los bosques de Colombia aumenta constantemente en zonas donde no existen registros de su biodiversidad. Al realizar un inventario preliminar ornitológico en dos fragmentos de bosque al sur de la cordillera oriental de los andes colombianos sobre la vía Florencia-Suaza, en límites de los departamentos del Huila y del Caquetá, se evidencia el impacto ambiental negativo generado por el hombre. La avifauna fue registrada mediante observación directa y capturas con redes. Se registraron 229 individuos agrupados en 73 especies; las familias Thraupidae, Trochilidae y Tyrannidae fueron las más diversas. El análisis ecológico, a través del uso de hábitat y nicho, indicó que la mayoría de las especies se encontraron en el bosque primario y, en el tipo de dieta,

los más abundantes fueron los insectívoros y frugívoros de sotobosque. Se amplió el rango de distribución altitudinal de cuatro especies: *Heliodoxa schreibersii*, *Tangara xanthogastra*, *Xiphorhynchus erythropygius* y *Myiobius barbatus*. El estado de conservación de los bosques es bueno, pero su constante fragmentación puede ocasionar la restricción y la migración local de la fauna, que depende de este ecosistema. La información presentada es el primer inventario de avifauna realizado para esta zona.

Palabras clave: Avifauna, especies, bosque, conservación.

SUMMARY

The alteration in the Colombian forests is constantly increasing in areas where no registers of its biodiversity exist. When carrying out a preliminary ornithological inventory in two forest fragments in the south of the eastern Colombian Andes Mountains on the Florencia-Suaza road, on the limit of the Departments of Huila and Caquetá, the negative environmental impact made by mankind was evident. The avifauna of this study was registered by direct observation and net captures. 229 individuals, grouped into 73 species were registered; the families Thraupidae, Trochilidae and Tyrannidae were the most diverse ones. The ecological analysis, through the use of habitat and niche, showed that the majority of species were found in the primary forest, and regarding the kind of diet, the most abundant ones were the insectivores and frugivores of sot forest. The altitudinal distribution range of four species was increased: *Heliodoxa schreibersii*,

¹ Trabajo de grado para obtener el título de Biólogo. Universidad de la Amazonia, Grupo de Investigación en fauna silvestre AKORE. Dirección para correspondencia: Calle 20 No 4^a- 27 Florencia, Caquetá. E-mail: yunaves@gmail.com.

² Trabajo de grado para obtener el título de Biólogo. Universidad de la Amazonía, Grupo de Investigación en Fauna Silvestre ANKORE, Dirección para correspondencia Cr 16 No 9-13, Florencia, Caquetá. E-mail: jemgmemo@gmail.com.

³ Investigador independiente. Especialista en Gestión Ambiental, Biólogo, Universidad de la Amazonia, Doncello, Caquetá. E-mail: unmroberto@yahoo.es

⁴ Investigador independiente. Especialista en Gestión Ambiental, Biólogo, Universidad de la Amazonia, Doncello, Caquetá. E-mail: patotus2004@yahoo.es

Tangara xanthogastra, *Xiphorhynchus erythropygius* and *Myiobius barbatus*. The state of conservation of forests is good, but its constant fragmentation can cause the restriction and local migration of the fauna that depends on this ecosystem. The information presented here is the first inventory of avifauna done for this zone.

Key words: Avifauna, species, forest, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de la cordillera Oriental –vertiente sur este– presentan en la actualidad una de las mejores coberturas boscosas en los Andes; todavía es posible encontrar zonas donde existe continuidad de vegetación natural desde los páramos hasta las planicies de la Amazonía (Bohórquez, 2002). Sin embargo, algunos lugares han sido fragmentados, ocasionando una serie de consecuencias negativas que afecta a las especies silvestres.

La apertura del carretable Florencia – Suaza y el establecimiento de familias colonizadoras, han transformado varias partes de este hábitat en pequeños parches de bosque relictuales y aunque los terrenos sobre los 1000msnm han sido declarados reserva forestal, los colonos efectúan prácticas extractivas de madera y quemas a los bosques para implantar cultivos agrícolas, lo que ha hecho evidente que se pueda crear un declinamiento en la diversidad biológica.

Durante las últimas décadas, el interés por la ecología de las comunidades de aves en el neotrópico ha sido notable (Serrano, 2000). Según May (1989), la avifauna, se constituye como uno de los mejores grupos para estudios biológicos en general y es considerada como un excelente bioindicador del estado de la conservación y la alteración de los ecosistemas (Figueroa, 1998; Ramírez & Ramírez, 2002). En las aves, su movilidad, fácil localización, observación y monitoreo permite realizar listados de especies que, analizados ecológicamente, revelan las condiciones ambientales de un área determinada, lo que permite establecer recomendaciones sobre la protección de su hábitat.

La destrucción y la alteración del medio ambiente, se empieza a reconocer en todo el mundo, especialmente en países como Colombia, donde la biología conservacionista apenas presenta las primeras alternativas reales de manejo

(Serrano, 2000). Estos acontecimientos son importantes en las regiones donde la riqueza de flora y fauna es tan grande, como es el caso de la región andina, considerada una de las zonas con mayor diversidad biológica, en especial, en áreas entre los 1000 y 2000msnm (Rangel, 1998), siendo, al mismo tiempo, una de las más amenazadas por la alteración de su hábitat (Kattan & Álvarez-López, 1996). En esta área, la fragmentación de los bosques se ha incrementado aceleradamente, aumentando su heterogeneidad y, por ende, la restricción o la desaparición de algunas especies, por el aislamiento poblacional en sus límites altitudinales y la irrupción en rutas de migración altitudinal (Kattan & Álvarez-López, 1994).

La perturbación del hábitat y la constante pérdida de la biodiversidad, aún desconocida, además de la escasa información existente en los archivos acerca de la zona, debido a los problemas de orden público que obstaculizan su estudio, crea la necesidad de realizar un inventario preliminar de la avifauna presente en dos fragmentos de bosque, sobre la vía Florencia – Suaza, con el objetivo de evaluar la avifauna presente en el bosque, permitiendo conocer el impacto ambiental ocasionado en esta área y así, formular estrategias de conservación para la fauna y flora que allí se alberga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El inventario, se realizó en dos fragmentos localizados en una franja altitudinal andina entre los 1350 y 1700 metros de elevación. Ambos fragmentos, se encuentran sobre la vía Florencia - Suaza, en límites de los departamentos del Huila y del Caquetá, al sur de la cordillera oriental de Colombia (Figura 1). Esta zona de vida corresponde a un bosque húmedo premontano y subtropical (Holdridge, 1967), el rango de temperatura oscila entre los 10 y 23°C, la precipitación media anual es de 100-200cm³ y existe una alta humedad relativa y nubosidad periódica.

Primer fragmento de monitoreo: Finca Marlins (1°49'11"N-75°47'34"W): se encuentra ubicada en el kilómetro 57 sobre la vía Florencia – Suaza, en la vereda Alto Campo Hermoso, del municipio de Suaza, departamento del Huila, ocupando un área aproximada de 30ha. El bosque presenta una alta humedad, permanece nublado en las mañanas y, final de la tarde, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 22°C, existe

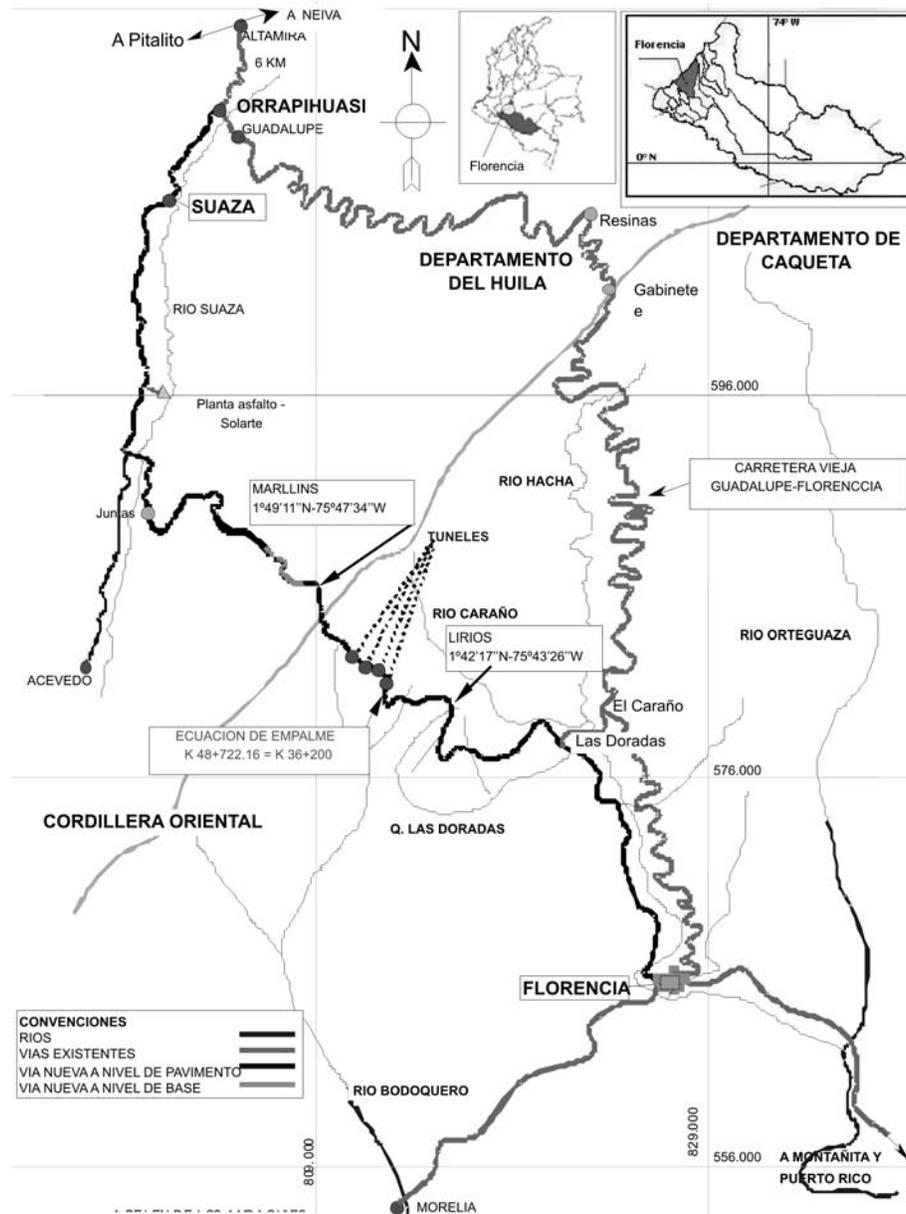


Figura 1. Localización del área de estudio (adaptado de INVIAS, 2000).

un buen estado de conservación en sus partes altas y, a medida que se acerca a la carretera, se observan más claros y transformación del bosque, por la extracción de madera y cultivos agrícolas.

Segundo fragmento de monitoreo: Finca los Lirios (1°42'17"N-75°43'26"W): ubicada en el kilómetro 28 sobre la vía Florencia – Suaza, en la vereda las Brisas, corregimiento el Caraña, del municipio de Florencia, departamento del Caquetá, en un área aproximada de

15ha, con temperaturas que van desde los 19 a 23°C; el bosque presenta en su parte basal, una vegetación predominante de las familias Ericaceae y Melastomataceae (Marín-Vásquez & Aguilar-González, 2004), y se localiza en laderas con pendientes que incluyen algunos yacimientos de agua, pequeños relictos de bosques riparios y cultivos de café y plátano.

Se realizó una visita de cuatro días a cada fragmento a mediados y finales de abril del 2004. Con un esfuerzo

de muestreo de 56 horas/hombre de cuatro personas y observaciones realizadas con binoculares 10X de aumento, se llevaron a cabo a través de recorridos por senderos ya trazados por los colonos, en los que se visitaron todos los hábitats de cada fragmento durante las mañanas, de 06:00 a 10:00 y, en las tardes, de las 15:00 a las 18:00 registrando todos los avistamientos sin un límite definido. Se realizaron capturas usando doce redes de niebla de 3 y 6m, las cuales, fueron extendidas en las mañanas: 06:30 a 10:30 y en las tardes: 15:00 a las 18:00, durante todas las visitas, en el interior del bosque (primario y secundario) y a lo largo de todos los senderos. Los individuos capturados fueron registrados, realizando anotaciones sobre su estado reproductivo y tomando algunas fotografías (cámara fotográfica CANON EOS 500n zoom 28 – 80), para obtener un registro completo; de igual modo un ejemplar por cada especie capturada fue depositado en el Museo de Historia Natural de la Universidad de la Amazonia UAM.

Los hábitat muestreados, se clasificaron de acuerdo a la metodología propuesta por Stiles & Bohórquez (2000), en: BM = sotobosque y dosel de bosque maduro; BS = bosque secundario intervenido, con algunos árboles de tipo primario que constituyen el dosel; BB = bordes de bosque con vegetación densa asociada a cuerpos de agua y áreas abiertas; RB = rastrojo bajo, vegetación arbustiva de crecimiento secundario. Se realizó una curva de acumulación de especies, siguiendo a Moreno (2001), en la cual, se registró la cantidad de especies acumulada a lo largo de las visitas, para evaluar la efectividad del inventario. Con base en las observaciones de algunas aves en actividad de forrajeo y según la literatura consultada (Hilty & Brown 1986; Kattan *et al.* 1994; Kattan *et al.* 1996; Figueroa, 1998; Stiles & Roselli, 1998; Stiles & Bohórquez, 2000; Castaño, 2001, Hobson *et al.* 2003; Fierro- Calderón *et al.* 2006; Moreno-Salazar & Camargo-Martínez, 2008), se estableció la dieta de las aves, teniendo en cuenta los siguientes grupos alimenticios: CAR = Carnívoros; FRU = Frugívoros; GRA= Granívoros; INS= Insectívoros; NEC= Nectarívoros y INS-FRU= Insectívoros-Frugívoros. Para la clasificación taxonómica de las aves, se empleó la guía de campo de Hilty & Brown (1986), el listado de Salaman *et al.* (2001), teniendo en cuenta los cambios en la nomenclatura de género y especie propuestos por Sibley & Monroe (1990) y la AOU.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización ecológica. Se registraron en total 229 individuos de 73 especies (Tabla 1), así: por observación directa, 147 individuos de 24 especies; en capturas con redes, 82 individuos de 37 especies y, por los dos métodos, se registraron doce especies. Se colectó un ejemplar de cada una de las 49 especies capturadas.

La curva de acumulación de especies muestra un incremento constante en el número de especies, a medida que se aumenta el esfuerzo de muestreo (Figura 2), no se aprecia una estabilización al final que caractericé una curva asintótica, lo que indica, que para esta comunidad, la curva se encuentra crecimiento.

La cantidad de especies en los diferentes tipos de hábitat de los sitios muestreados esta muy marcada: en los dos sitios, el 64% de las especies se encontraron en bosque maduro (BM), con especies en el interior del bosque y claros y un 14% de las especies en bosque secundario (BS), en especial en el sotobosque. En Marllins, para bordes de bosque (BB) y rastrojo de bajo (RB), solo el 11% de las especies se registró en cada categoría, mientras que en Lirios, el 21% de las especies, se encontró en rastrojo bajo (RB) y solo el 6% en bordes de bosque (BB).

Con un registro total de 73 especies, distribuidas en 61 géneros, 23 familias y nueve órdenes, siendo Paseriformes el orden que registró la mayor diversidad, con 14 familias, seguida de Piciformes con dos familias y, el resto de órdenes, con una familia. Las tres familias más diversas fueron: Tyrannidae (13 especies), con el 18%; Thraupidae (12 especies), con el 16% y Trochilidae y Furnariidae con 10 especies, con el 14% cada una; en el resto de las familias, su diversidad no fue mayor a cuatro especies. La familia Tyrannidae y Trochilidae fueron las más diversas en Marllins y la familia Traupidae en Lirios. La riqueza específica en Marllins fue de 47 especies y en Lirios de 32 especies, donde sólo seis especies están presentes en los dos sitios (*Chordeiles acutipennis*, *Coeligena coeligena*, *Tangara parzudakii*, *Tangara xanthocephala*, *Tyrannus melancholicus*, *Wilsonia canadensis*).

Dieta alimenticia. La mayoría de las aves registradas (43%), se alimentan de insectos, el 18% de cultivos de frutas, como mora (*Rubus glaucus*) y curuba (*Passiflora mollissima*) y frutas silvestres, de algunos géneros, como; *Miconia*, *Panopsis*, *Peromia*; otro 18% se alimenta de

Tabla 1. Listado general de las especies de aves encontradas en las dos localidades.

FAMILIA	ESPECIE	REGISTRO	HÁBITAT	GRUPO ALIMENTICIO	LOC
ACCIPITRIDAE	<i>Buteo brachyurus</i>	V	BS	CAR	M
	<i>B. albonotatus</i>	V	BM	CAR	L
CRACIDAE	<i>Aburria aburri*</i>	V	BM, BS	FRU	L
PSITTACIDAE	<i>Pyrrhura melanura</i>	C	BM	FRU	M
CUCULIDAE					
Sub: Crotophaginae	<i>Crotophaga ani</i>	V	RB	INS	L
STRIGIDAE	<i>Megascops sp.</i>	V	BM	CAR	M
CAPRIMULGIDAE	<i>Chordeiles acutipennis</i>	C	BB	INS	M,L
TROCHILIDAE					
Sub: Phaethornithinae	<i>Phaethornis symrator</i>	C	BM	NEC	M
Sub: Trochilinae	<i>Doryfera ludovicianae</i>	C	BM	NEC	L
	<i>Adelomyia melanogenys</i>	C	BM	NEC	M
	<i>Eriocnemis alinae</i>	C	BM	NEC	M
	<i>Coeligena coeligena</i>	C,V	BM	NEC	M,L
	<i>C. torquata</i>	C	BM	NEC	M
	<i>Boissonneaua flavescens</i>	C	BM	NEC	M
	<i>Heliodoxa schreibersii*</i>	C	BM	NEC	L
	<i>H. rubinoides</i>	C	BM	NEC	M
	<i>Campylopterus falcatus</i>	C	BB	NEC	M
RAMPHASTIDAE	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	C	BM	FRU	M
PICIDAE	<i>Melanerpes formicivorus</i>	C,V	BB	INS	M
FURNARIIDAE					
Sub:Furnariinae	<i>Premnoplex brunnescens</i>	C	BM	INS	M
	<i>Syndactyla subalaris</i>	C	BM	INS	M
	<i>Thripadectes virgaticeps</i>	C	BM	INS	L
Sub: Dendrocopaltinae	<i>Dendrocicla tyrannina</i>	C,V	BM	INS	L
	<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	V	BM	INS	L
	<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	C,V	BM	INS	M
	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	C	BM	INS	M
	<i>Xiphorhynchus erythrogygius*</i>	C	BS	INS	M
	<i>X. triangularis</i>	C	BS	INS	M
	<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	V	BM	INS	M
	<i>Drymophila caudata</i>	V	BM	INS	M
THAMNOPHILIDAE	<i>Pyriglena leuconota</i>	V	BM	INS	M
	<i>Masius chrysopterus</i>	C	BB	INS-FRU	M
PIPRIDAE	<i>Lepidothrix coronata</i>	C,V	BS	INS-FRU	L
	<i>Xenopipo atronitens*</i>	V	BB	INS-FRU	L
	<i>Zimmerius viridiflavus</i>	V	BS	INS	M
TYRANNIDAE	<i>Mionectes striaticollis</i>	C	BB	INS-FRU	M
	<i>M. olivaceus</i>	C	BM	INS-FRU	L
	<i>Leptopogon superciliaris</i>	V	BM	INS-FRU	L
	<i>L. rufipectus</i>	V	BM	INS-FRU	M

Tabla 1. (continuación)

Tabla 1. (continuación)

	<i>Myotriccus ornatus</i>	V	BM	INS	L
	<i>Myobius sp.</i>	C	BM	INS	L
	<i>M. barbatus*</i>	C	BM	INS	M
	<i>Myophobus flavicans</i>	C	BM	INS	M
	<i>Sayornis nigricans</i>	C	BB	INS	M
	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	C,V	BB	INS	M
	<i>Myiotheretes fumigatus</i>	V	BM	INS	M
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	V	RB	INS	M,L
VIREONIDAE	<i>Vireo leucophrys</i>	V	BM	INS-FRU	L
HIRUNDINIDAE	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	C	RB	INS	L
TROGLODYTIDAE	<i>Henicorhina leucophrys</i>	C	BM	INS	M
TURDIDAE	<i>Myadestes raloides</i>	V	BM	FRU	M
	<i>Catharus dryas</i>	V	BM	FRU	L
	<i>C. ustulatus</i>	C	BM	FRU	L
	<i>Turdus ignobilis</i>	V	RB	INS	L
THRAUPIDAE	<i>Tangara xanthogastra*</i>	C	BM	FRU	L
	<i>T. nigroviridis</i>	C	BM	FRU	M
	<i>T. xanthocephala</i>	C,V	BM	FRU	M,L
	<i>T. parzudakii</i>	V	BM	INS-FRU	M,L
	<i>Ramphocelus carbo</i>	C	RB	FRU	L
	<i>Thraupis episcopus</i>	C	RB	INS-FRU	L
	<i>Anisognathus flavinucha</i>	C,V	BM	INS-FRU	M
	<i>Diglossa albilatera</i>	C	BS	NEC	M
	<i>D. cyanea</i>	V	BS	FRU	M
	<i>Coereba flaveola</i>	C	BS	NEC	L
	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	C,V	BS	INS-FRU	M
	<i>Ch. flavigularis</i>	C,V	BM	INS-FRU	L
EMBERIZIDAE	<i>Zonotrichia capensis</i>	C,V	RB	GRA	M
CARDINALIDAE	<i>Cissopis leverianus</i>	C	RB	INS	L
	<i>Piranga rubra*</i>	C	BM	FRU	M
PARULIDAE	<i>Wilsonia canadensis*</i>	V	BM	INS	M,L
	<i>Myioborus miniatus</i>	C	BM	INS	M
	<i>Basileuterus coronatus</i>	C,V	BM	INS	M
ICTERIDAE	<i>Psarocolius decumanus</i>	V	BS	FRU	L

Marllins (M) y Lirios (L). Abundancia C: común, PC: Poco común, E: escasa, O: ocasional. Registro: V: visual, C: captura. Hábitat: BM bosque maduro, BS: bosque secundario, BB: borde de bosque, RB: rastrojo bajo. Grupo alimenticio CAR: carnívoro, FRU: frugívoro, INS: insectívoro, NEC: nectarívoro, INS – FRUG: insectívoro – frugívoro, GRA: granívoro. LOC: Localidad; M: Marllins, L: Lirios. (*): Especies de interés

insectos y de frutas, seguida de los Nectarívoros (16%), con doce especies, que incluyen dos aves pinchaflores (*Coereba flaveola*, *Diglossa albilatera*) y diez especies de colibríes, los demás grupos alimenticios presentan pocas especies y, en general, en los dos sitios, se puede ver que la distribución en cuanto a la dieta es muy similar (Tabla 2). En la relación de hábitat con los grupos alimenticios en Marllins y Lirios, las aves se encontraron, principalmente,

en bosque maduro BM; las especies insectívoras e insectívoras-frugívoras ocurren a pequeñas zonas abiertas en el interior del bosque y sotobosque, las nectarívoras y frugívoras, estuvieron asociadas al dosel y sotobosque. En el bosque secundario (BS) y bordes de bosque (BB), las especies insectívoras se hallaron en el sotobosque y, las frugívoras, en el dosel. En rastrojo bajo (RB) donde se halla la única granívora, esta se encontró en un área de

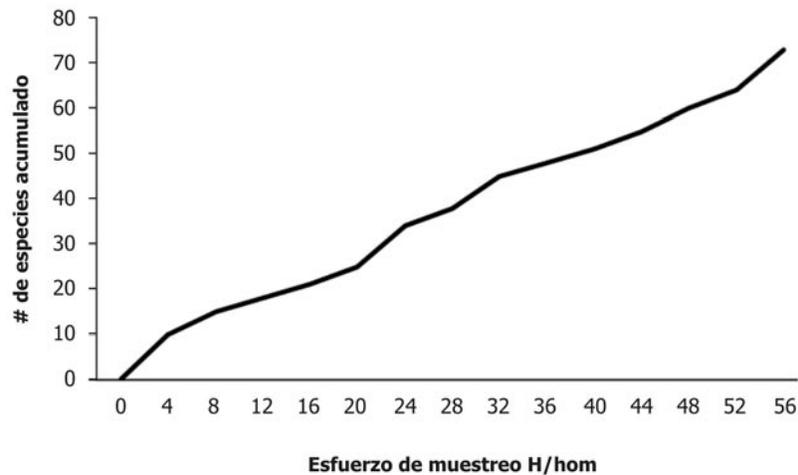


Figura 2. Curva de acumulación de especies durante el trabajo en campo.

pastizales y cultivos agrícolas. Las especies carnívoras, se observaron sobrevolando en los hábitats.

Especies de interés. 68 especies que representan el 93% del total de las especies registradas en este estudio, presentaron un rango de distribución normal, según los reportes de Hilty & Brown (1986), Mazariegos (2000) y Salaman *et al.* (2001). Dos especies, *Wilsonia canadensis* y *Piranga rubra*, se albergan, de manera permanente, como migratorias boreales. Se amplía el rango de distribución altitudinal a 1350m en Lirios de: *Heliodoxa schreibersii* (colectado No. colección 006 UAM), restringida en Colombia al occidente de Putumayo y Vaupés hasta los 1000m, según Mazariegos (2000) y *Tangara xanthogastra* (colectado No. colección 0057 UAM), registrada hasta los 600m, en el occidente del Meta, Vaupés y la Amazonia, por Hilty & Brown (1986) y Bohórquez (2002). En Marllins, se amplía el rango de distribución altitudinal a 1700m de las especies: *Xiphorhynchus erythropygius* (colectado No. colección 0043 UAM), registrado hasta 1500m, desde Panamá a Nariño a lo largo del occidente de la cordillera occidental y valle del Magdalena (Bohórquez, 2002) y *Myiobius barbatus* (colectado No. colección 0031 UAM), reportada al occidente de la cordillera occidental, desde el golfo de Urabá hasta Nariño, al oriente de Colombia en la Macarena y sur oriente de Guainía, hasta los 1000m (Hilty & Brown, 1986; Álvarez *et al.* 2003). Solo una especie (*Aburra aburri*), se encontró catalogada en bajo riesgo (Rengifo *et al.* 2002). Esta ave fue vista una vez en Lirios entre el sotobosque del bosque maduro y secundario.

La ejecución de inventarios rápidos constituye una herramienta útil en la evaluación del estado actual de la biodiversidad (Bohórquez, 2002), ya que permite evaluar el impacto ambiental que ocasiona, en este caso, la colonización y la construcción de vías, sobre las especies que son vulnerables a cambios drásticos en sus hábitat. Aunque este método está sujeto a varias fuentes de error, principalmente, diferenciar las especies propias y visitantes, no tomar en cuenta la cantidad y el esfuerzo de muestreo y la variedad de hábitat presentes en un ecosistema (Remsen, 1994).

La composición taxonómica de la avifauna presenta algunos aspectos de interés, aunque incluye un gran número de especies de amplia distribución geográfica y ecológica (Marín Gómez, 2005). La ampliación del rango altitudinal de las cuatro especies (*Heliodoxa schreibersii*, *Tangara xanthogastra*, *Xiphorhynchus erythropygius* y *Myiobius barbatus*) permite establecer que este inventario, aunque es preliminar, arroja resultados interesantes, en cuanto a la distribución espacial de la avifauna en Colombia y confirma la necesidad e importancia de estudiar y conservar esta zona que, por la colonización, se está deteriorando constantemente.

Inventarios ejecutados en la cordillera oriental de los Andes al sur y norte de Colombia, permiten realizar comparaciones en composición de especies para esta zona con los estudios realizados por Stiles & Roselli (1998), en un bosque alto andino, Stiles & Bohórquez

Tabla 2. Número de especies por fragmento y porcentaje total, según su grupo alimenticio.

Grupo alimenticio	Marllins	Lirios	Marllins y Lirios	Total	%
Carnívoro	2	1	0	3	4
Frugívoro	7	7	1	13	18
Granívoro	1	0	0	1	1
Insectívoro	22	12	3	31	43
Nectarívoro	9	4	1	12	16
Frugívoro- Insectívoro	6	8	1	13	18
Total	47	32	6	73	100
Se resta el número de especies encontradas en los dos sitios, según el grupo alimenticio.					
Grupo alimenticio	Marllins	Lirios	Marllins y Lirios	Total	%
Carnívoro	2	1	0	3	4
Frugívoro	7	7	1	13	18
Granívoro	1	0	0	1	1
Insectívoro	22	12	3	31	43
Nectarívoro	9	4	1	12	16
Frugívoro- Insectívoro	6	8	1	13	18
Total	47	32	6	73	100
Se resta el número de especies encontradas en los dos sitios, según el grupo alimenticio.					
Grupo alimenticio	Marllins	Lirios	Marllins y Lirios	Total	%
Carnívoro	2	1	0	3	4
Frugívoro	7	7	1	13	18
Granívoro	1	0	0	1	1
Insectívoro	22	12	3	31	43
Nectarívoro	9	4	1	12	16
Frugívoro- Insectívoro	6	8	1	13	18
Total	47	32	6	73	100
Se resta el número de especies encontradas en los dos sitios, según el grupo alimenticio.					

(2000), en la serranía de los Quinchas en Boyacá, Bohórquez (2002), en la vertiente oriental de los Andes de Colombia y por Salaman *et al.* (1999), en la serranía de los Churumbelos en el Cauca. Las comparaciones, se realizaron con la información de registros entre los 1350 y 1700m. La mayoría de las especies son comparables con los otros sitios, a pesar de las diferencias en la distribución geográfica, la topografía de las vertientes de la cordillera y el grado de heterogeneidad de los tipos de

bosque. La avifauna corresponde a la que se reporta en esta zona normalmente, lo que indica que ese estudio arrojó resultados representativos y que la riqueza de especies es bastante alta respecto al poco esfuerzo de muestreo realizado en comparación con las intensidades de muestreo en los otros trabajos.

En los dos sitios de muestreo, la mayor diversidad de aves, se halló en el bosque maduro (BM), con una gran

cantidad de especies que dependen del sotobosque y áreas abiertas. Este bosque presenta una mayor cobertura en la zona (77%) y bajo grado de intervención; su complejidad estructural ofrece una multitud de microhábitat que ofrecen diferentes actividades de forrajeo para las aves y otros grupos de animales (algunos anfibios y murciélagos), que son exclusivos de este ambiente como residentes permanentes o migratorios.

La curva de acumulación de especies, se constituye como un indicador de la efectividad y lo completo de un inventario. En este estudio, la curva de acumulación, se muestra en todo momento ascendente y lejos de alcanzar un comportamiento asintótico. El número de especies encontradas a lo largo del muestreo indica que aún faltan muchas especies por ingresar y que el inventario no está completo, por lo cual, es prioritario continuar y completar el estudio para establecer criterios más específicos sobre el estado de la avifauna; sin embargo, es conveniente tener en cuenta la llegada de aves migratorias y los periodos de explosión de recursos vegetales, como épocas de florecimiento y fructificación.

El alimento es uno de los componentes primarios del nicho y, consecuentemente, un elemento importante (Ramírez & Ramírez, 2002), para determinar las interrelaciones ecológicas y cambios estacionales de las aves. Un alto número de especies insectívoras y frugívoras muestra la abundancia de recursos alimenticios, en los diferentes hábitat. En la zona de estudio, los insectívoros predominan sobre los demás. La destrucción de la matriz vegetal crea zonas abiertas que promueven la proliferación y la abundancia de los insectos en los bordes de bosque y claros (Quevedo, 2002), ocasionando que los límites de estas áreas abiertas incrementen la oferta de alimento para los insectos, como lo es la materia orgánica restante de la extracción de madera y, en algunos casos, el establecimiento de pequeños cultivos agrícolas, lo que aumenta la disponibilidad alimenticia para las aves insectívoras. De igual modo, la abundancia de frutos en el dosel y sotobosque de los diferentes hábitats y los cultivos de frutas establecidos por los colonos cerca del bosque, muestra la disponibilidad de alimento para las aves frugívoras y la movilidad de estas especies entre los hábitats. Sin embargo, para muchas aves sensibles a los cambios en su hábitat, la oferta alimenticia disminuye.

En la avifauna de climas templados y zonas montañosas los movimientos altitudinales están asociados a la

variación del clima y disponibilidad de alimento de sistemas montañosos (Hobson *et al.* 2003), estos movimientos son especialmente frecuentes en las aves nectarívoras (Stiles, 1988). La floración en la zona está marcada estacionalmente, con un pequeño porcentaje observado en los bosques, la oferta alimenticia de los colibríes disminuye, ocasionando la movilidad altitudinal de estas especies de manera periódica o permanente, pues a excepción de las dos especies pincaflores, el número de nectarívoros en los dos sitios es relativamente bajo, teniendo en cuenta la diversidad que existe en esta franja altitudinal.

La importancia de la conservación de esta zona condiciona a que las comunidades de aves neotropicales que se caracterizan por su alta riqueza y estructura de especies raras con densidades poblacionales muy bajas (Karr *et al.* 1990; Leve & Stiles, 1994; Thiollay, 1994, citados por Kattan *et al.* 1996) permanezcan como elemento funcional del ecosistema, pues cambios estructurales en estos bosques causarían alteraciones en los diferentes hábitat, como la extinción local de la avifauna y otras especies vulnerables a la presión antrópica.

CONCLUSIONES

Los cambios de la distribución actual de las especies por hábitat, tanto en sus poblaciones como en la comunidad en general, así como a las áreas cercanas al carretable, indican el impacto negativo que se ejerce sobre el ecosistema. Las actividades antrópicas, como la tala constante de árboles, quema del sustrato boscoso, el incremento de los cultivos agrícolas (café, mora, granadilla) y colonización en la zona, ocasiona lentamente la pérdida de muchos recursos sensibles a los cambios o alteraciones en sus hábitat, los cuales, son vitales para supervivencia y conservación del equilibrio del ecosistema.

Las áreas de la vertiente sur oriental de la cordillera de los Andes son consideradas como las mejor conservadas y es importante que se empleen actividades de conservación y de protección en esta zona, en especial en los parches de bosque y áreas donde aún persiste matriz vegetal intacta, ya que las especies registradas, se albergan en estos sitios y aunque este lugar es considerado como una zona de conservación por el Ministerio del Medio Ambiente, las constantes perturbaciones antrópicas aumentan la fragmentación de los bosques, disminuyendo su biodiversidad.

RECOMENDACIONES

Este inventario careció de más esfuerzo de muestreo; sin embargo, los resultados presentados por ser uno de los primeros para esta zona sugieren que sea crítica para la conservación y que se realicen inventarios posteriores que promuevan la preservación de la flora y la fauna.

Es necesario aprovechar, de manera inmediata, toda oportunidad de crear y de fortalecer bases de datos sobre estos aspectos e iniciar proyectos de monitoreo a largo plazo, que permitan conocer constantemente el estado de conservación de esta zona.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, M.; UMAÑA, A.M.; MEJIA, G.D.; CAJIAO, J.; HILDEBRAND, V.P.; GAST, F. 2003. Aves del Parque Natural Serranía del Chiribiquete, Amazonia- Provincia de la Guyana, Colombia. *Biota Colombiana*. 4(1): 49-63.
- BOHÓRQUEZ, C.I. 2002. La avifauna de la vertiente oriental de los Andes de Colombia. Tres evaluaciones en elevación subtropical. *Rev. Acad. Col. de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales*. 26(100):419-442.
- CASTAÑO, G.J. 2001. Inventario preliminar de aves y mamíferos presentes en fragmentos boscosos en el San Jorge medio, departamento de Córdoba Colombia. *Revista Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional sede Medellín*. Disponible desde Internet en: <http://www.colforest.com/revista/vol13/articulo-castano.html>. (con acceso 08/08/01).
- FIERRO-CALDERÓN, K.; ESTELA, F.A.; CHACON-ILLOA, P. 2006. Observaciones sobre las dietas de algunas aves de la cordillera oriental de Colombia a partir del análisis de contenidos estomacales. *Ornitología Colombiana*. 4:6-15.
- FIGUEROA, A.A. 1998. Caracterización de la avifauna en cinco localidades del proyecto vial carretera alterna Buga-Buenaventura: Tramo Madroñal-Córdoba-Valle del Cauca. *Cespedesia (Colombia)*. 23(71-72):85-115.
- HILTY, S.L.; BROWN, W.L. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. (USA). 836p.
- HOBSON, K.A.; WASSENAAR, L.I.; MILA, B.; LOVETTE, I.; DINGLE, C.; SMITH, T.B. 2003. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. *Oecologia (USA)*. 136: 302-308.
- HOLDRIDGE, L.R. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José (Costa Rica). 206p.
- KATTAN, H.G.; SERRANO, V.H.; APARICIO, A. 1996. Aves de Escarlete: diversidad, estructura trófica y organización social. *Cespedesia*. 21(68) 9-17.
- KATTAN, H.G.; ÁLVAREZ-LÓPEZ, H. 1994. Forest Fragmentation and Birds Extinctions: San Antonio Eighty Years Later. *Conservation Biology (Colombia)*. 8(1):138-146.
- KATTAN, H.G.; ÁLVAREZ-LÓPEZ, H. 1996. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes. En: Sichelhas, J.; Greenberg, R. (eds.) *Forest parches in tropical landscapes (Washington DC)*. p.3-18.
- MARÍN GÓMEZ, O.H. 2005. Avifauna del Campus de la Universidad del Quindío. *Boletín SAO*. 15:19p.
- MARÍN-VÁSQUEZ, A.; AGUILAR-GONZÁLES, A.V. 2004. Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal en la vertiente oriental de la cordillera oriental de los andes colombianos. Tesis de Biología. Universidad de la Amazonía. Florencia- Caquetá. 92p.
- MAY, R.M. 1989. ¿How many species are there on Earth? *Science*. 241(1):1441-1449.
- MAZARIEGOS, L.A. 2000. Colibríes de Colombia. En: Mazariegos, L.A. ed. *Joyas Aladas de Colombia*. Eds. Sociedad Antioqueña de Ornitología (Medellín). p.214-223.
- MORENO, C.E. 2001. *Métodos para medir la Biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA. (España)1:86p
- MORENO-SALAZAR, N.; CAMARGO-MARTÍNEZ, P. 2008. Inventario preliminar de la avifauna de la vereda "Acuapal" municipio de Sasaima – Cundinamarca. *Boletín SAO*. 18:15p.

- QUEVEDO, G.A. 2002. Composición taxonómica y algunos acontecimientos ecológicos sobre la avifauna observada en el municipio de Falán, departamento del Tolima. Boletín informativo mensual de Proaves (Bogotá). Disponible desde Internet en: <http://www.proaves.org/aleteo4.html>. (con acceso 12/11/04).
- RAMÍREZ, J.E.; RAMÍREZ, M.G. 2002. Avifauna del la región del oriente de la sierra de Huautia: Morelos, México. Revista de la Universidad Autónoma de México. Serie Zoología. 78(1):91-111.
- RANGEL-CH, J.O. 1998. Diversidad de Biota. En: Chávez, M.E.; Arango, N. (eds). Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad. Eds. Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. PNUMA. Ministerio de Medio Ambiente (Santa Fe de Bogotá). 3:316-318.
- REMSEN, J.V. 1994. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *Auk* (USA). 111:225-227.
- RENJIFO, L.M.; FRANCO-MAYA, A.M.; AMAYA-ESPINEL, J.D.; KATTAN, G.H.; LÓPEZ-LANÚS, B. (eds.). 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Eds. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 554p.
- SALAMAN, P.G.W.; DONEGAN, T.M.; CUERVO, A.M. 1999. Ornithological surveys in Serranía de los Churumbelos, south Colombia. *Cotinga*. 12:29-39.
- SALAMAN, P.G.W.; CUADROS, T.; JARAMILLO, J.G.; WEBER, W. (eds). 2001. Lista de chequeo de las aves de Colombia. Edit.. Soc. Antioqueña de Ornitología (Medellín). 116p.
- SERRANO, V.H. 2000. Informe de las aves presentes en la finca El Roble. *New Birds* (Bogotá). Disponible desde Internet en: http://www.cafemesadelossantos.com/organic/2000_serrano.html. (con acceso 12/11/04).
- SIBLEY, C.G.; MONROE, B.L. Jr. 1990. *Distribution and Taxonomy of Birds of the World*. Yale University Press (New Haven and London). 1111p.
- STILES, F.G. 1988. Altitudinal movements of birds on the Caribbean slope of Costa Rica. En: Almeda, F.; Pringle, C. (eds). *Tropical rainforests: diversity and conservation*. Edit. California Academy of Sciences (San Francisco). p.243-258.
- STILES, F.G.; ROSSELLI, L. 1998. Inventario de las aves del bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia*. 20:29-43.
- STILES, F.G.; BOHÓRQUEZ, C.I. 2000. Evaluando el estado de la biodiversidad: El caso de la avifauna de la serranía de los Quinchas Boyacá, Colombia. *Caldasia* (Colombia). 22(1):61-92.

Recibido: Mayo 15 de 2008

Aceptado: Septiembre 9 de 2008

HIBRIDACIÓN ARTIFICIAL EN BERENJENA (*Solanum melongena* L.): EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS

ARTIFICIAL HYBRIDIZATION OF EGGPLANT (*Solanum melongena* L.): EFFECT ON FRUIT AND SEED PRODUCTION

Hermes Araméndiz Tatis ¹

Carlos Cardona Ayala ²

Dairo Pérez Polo ³

RESUMEN

La berenjena es una hortaliza con prospectiva de mercado nacional e internacional, por sus efectos positivos sobre la salud humana. En Colombia presenta limitaciones tecnológicas en materia de cultivares mejorados para las condiciones tropicales. El estudio se realizó en la Universidad de Córdoba, con el objetivo de identificar el momento óptimo del botón floral, para la hibridación artificial conducente a la formación de frutos y producción de semillas híbrida para uso por parte de los productores. Se utilizaron los cultivares Brinjal Súper Mohini (hipocótilo verde y fruto blanco) y Taiwán (hipocótilo y fruto púrpura), como parentales femenino y masculino, respectivamente. El diseño fue bloques completos aleatorizados con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en combinar distintos estados de desarrollo de la flor; como parte femenina: botón floral de corola color crema (pre-antesis), botón floral de corola color morado claro (próximo a antesis) y botón floral de corola color morado

(iniciando antesis) y como parte masculina: botón floral de corola color morado claro (próximo a la antesis), botón floral de corola color morado (iniciando antesis) y flor totalmente abierta, a las 8:00a.m. Con botones florales color crema (pre-antesis), no se obtuvo éxito en la hibridación artificial, en tanto que en las combinaciones de botones color morado claro (pre antesis), morado (iniciando antesis) y flor totalmente abierta fue efectiva la hibridación, sin diferencia significativa entre las combinaciones exitosas probadas; el mismo resultado estadístico, se obtuvo para peso de fruto, número de semillas por fruto e índice de semillas.

Palabras clave: Hortaliza, botón floral, antesis, peso de fruto, índice de semilla.

SUMMARY

The eggplant, because of its positive effects on human health, is a vegetable with prospective domestic and international markets. In Colombia the crop presents technological limitations, lacking improved cultivars for the tropical conditions. This study was conducted at the University of Cordoba, Montería, with the aim of identifying the optimal flower bud development for artificial hybridization, which should lead to the formation of fruit and seed production. Cultivars Brinjal Super Mohini (hypocotyl green and white fruit) and Taiwan (hypocotyl and purple fruit) were used as female and male parents, respectively. A complete randomized block design with eight treatments and four replications was employed. The treatments consisted in the combination of various

¹ Ph.D. Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales de Clima Cálido, carrera 6 N° 76-103, Montería, Córdoba. e-mail: haramendiz@hotmail.com

² M.Sc. Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales de Clima Cálido, carrera 6 N° 76-103, Montería, Córdoba. e-mail: ccardona@sinu.unicordoba.edu.co

³ Ingeniero Agrónomo. Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales de Clima Cálido, carrera 6 N° 76-103, Montería, Córdoba. e-mail: dairoperez@yahoo.es

stages of flower development; as female part: cream coloured flower bud corolla (pre-anthesis), clear purple coloured flower bud corolla (near anthesis) and purple coloured flower bud corolla (beginning anthesis); as male part: corolla of the flower bud slightly purple coloured (near anthesis), purple coloured (beginning anthesis) and the fully open flower at 8:00 am. With creamy flower buds (pre-anthesis) no success in artificial hybridization was obtained, while with the combinations of slightly purple buds (pre-anthesis), purple buds (beginning anthesis) and fully open flower the hybridization was effective, but without significant differences between the successful combinations tested. The same statistical result was obtained for fruit weight, number of seeds per fruit and seed index.

Key words: Vegetable, flower bud, anthesis, fruit weight, seed index

INTRODUCCIÓN

La berenjena (*Solanum melongena* L.) es la Solanácea hortícola de mayor importancia en el Caribe colombiano, después del ají y el tomate. Es originaria de las áreas tropicales del oriente, cultivada desde hace más de 4000 años por los chinos y árabes (Prohens *et al.* 2005) y su centro de diversidad genética es la India e Indochina (Sekara *et al.* 2007). Posee importancia económica y social en la cultura sinuana, ya que fue introducida por los árabes en el siglo pasado y, a partir de la variabilidad genética de las introducciones, fueron seleccionadas las plantas de mayor adaptación, contribuyendo al enriquecimiento de la base alimentaria de esta región del país, junto con sus costumbres, tradiciones y diversidad cultural (Aramendiz *et al.* 2006).

Es la principal hortaliza del caribe húmedo colombiano y es cultivada con variedades criollas que aún conservan características no deseables, como plantas altas, presencia de espinas en las hojas y cáliz, cojines florales hasta de cinco flores andromonóicas, de frutos de tamaño, color y forma variable, que inciden fuertemente en el rendimiento; se conocen como “criolla lila”, “criolla negra”, “criolla morada”, “criolla blanca”, las cuales, aparecen en cualquier cultivo, como resultado de las mutaciones, hibridación natural y selección realizada por el hombre con las introducciones realizadas por los árabes. Sus rendimientos oscilan entre 12 y 36 t·ha⁻¹ con reducciones en sus rendimientos de 2,31, 6,05 y 9,11%,

en los últimos años, en los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba, respectivamente (Agronet, 2008), en donde se siembran 260ha que representan el 81% de las 319ha cultivadas en el país en 2005 (Agronet, 2008) y en áreas pequeñas que median entre 2.500m² y 10.000m². Esta situación coloca en desventaja nuestros productores para competir con otros países, aún bajo el marco de tratados de libre comercio y/o acuerdos comerciales preferenciales, lo que amerita, buscar alternativas que contribuyan a superar esta barrera tecnológica.

La demanda de alimentos con mayor calidad está en aumento en el mundo, en particular en los países con más altos ingresos, como consecuencia de un mayor conocimiento de los consumidores de la relación entre una buena dieta y la salud (Acuerdo de competitividad de la cadena de hortalizas, 2006). En este sentido, la berenjena es una de las hortalizas con demanda creciente por parte de los consumidores de productos saludables y con propiedades medicinales, ya que posee propiedades reductoras del nivel de colesterol y de buen nivel nutricional (Filgueira, 2000; Bletsos, 2002), lo cual ha repercutido en las exportaciones que pasaron de 14.857t, en 1961 a 347.676t, en 2004, con un área de cultivo muy estática en los últimos años, destacando en América, a México y Honduras, como grandes exportadores (FAO, 2006; Agronet, 2008), donde el cambio varietal, por el uso de híbridos con rendimientos que oscilan entre 40 y 50t·ha⁻¹, con características de precocidad, tamaño y color de fruto uniforme, que apetecen al consumidor (Antonini *et al.* 2002; Sekara *et al.* 2007) y la producción ecológica, han contribuido a su posicionamiento en el mercado exterior, puesto que la población mundial quiere consumir alimentos sanos y nutritivos, convirtiendo la producción hortícola ecológica de berenjena en un sector fuerte, organizado y competitivo en el mercado mundial.

El conocimiento de la estructura floral y de la biología reproductiva en una especie es básico para el mejorador de plantas, con el fin de desarrollar las técnicas de emasculación e hibridación. De acuerdo con Gomes *et al.* (2001), el rápido progreso logrado en el mejoramiento genético de plantas, obedece al estudio de los procesos reproductivos que ocurren en las flores.

La berenjena es reportada en la literatura colombiana con porcentajes de polinización cruzada variables; es así como Jaramillo & Lobo (1990) señalan un 5%, en

tanto que Vallejo & Estrada (2002), indican que este valor oscila entre 5 y 20%. Aramendiz *et al.* (2006), obtuvieron valores entre 66 y 87% en el valle del Sinú, calificándola como prevalentemente alógama. En el continente asiático, los registros de otros investigadores fluctúan entre 10 y 29% (Swarup, 1995).

La heterostilia es un polimorfismo floral controlado genéticamente, caracterizado por la presencia de dos o tres morfologías florales: distílica y tristílica, en las cuales se presenta longitud del estilo y filamento variables, al igual que el tamaño y producción de polen y de las papilas estigmáticas, típico de Solanácea y Rubiaceae (Kohn & Barrett, 1992; Motten & Stone, 2000; Texeira & Machado, 2004). Pérez (2006) reportó la presencia de distílica y tristílica, en dos cultivares de berenjena en el valle del río Sinú, señalando que las flores brevístilicas acusaron esterilidad, a causa de papilas estigmáticas poco desarrolladas y bajo contenido de azúcar (Rylski *et al.* 1984).

Sun *et al.* (1990), Passam & Khah (1992) y Lee *et al.* (2002) señalan que además de la heterostílica, existen factores ambientales que limitan la polinización, como la temperatura, la relación planta - agua y alta humedad relativa. Así mismo, la antesis es afectada por factores ambientales (Malm & Rachie, 1971) y el tiempo requerido para la apertura y el cierre de las flores es afectado por la temperatura y la humedad relativa (Siles *et al.* 2001). Sin embargo, en berenjena la heterosis viene siendo explotada económicamente por la facilidad de obtener semilla híbrida, por el tamaño grande de sus órganos florales, que facilita el proceso de emasculación y polinización controlada (Cardoso, 2001), período amplio de floración y gran cantidad de semillas por fruto (Aramendiz *et al.* 1999; Maluf, 2001).

La producción de semilla híbrida de Solanáceas involucra el mantenimiento de dos líneas parentales separadas (masculina y femenina). La masculina actúa como dador de polen y la femenina como receptor de polen. Las flores del progenitor femenino son emasculadas durante el estadio del botón floral óptimo para la polinización manual, cuyas anteras son removidas por medio de pinzas, que son polinizadas manualmente y, consecuentemente, forman frutos que contienen las semillas híbridas (George, 1999).

El uso de híbridos F_1 de Solanáceas viene ocurriendo desde hace muchos años en la agricultura de esta

hortaliza, en razón a sus ventajas de mayor vigor de la planta, más resistencia a plagas y enfermedades, maduración precoz, homeostasis, mejor calidad y rendimiento de fruto (Antonini *et al.* 2002; Blat *et al.* 2007) y además mayor uniformidad de fruto. Estudios comparativos entre cultivares híbridos y variedades realizados por Sousa *et al.* (1997) y Antonini *et al.* (2002), donde evaluaron el rendimiento total y calidad de frutos y evidenciaron mayor rendimiento en los híbridos a causa de la heterosis y mayor cantidad de frutos de primera categoría.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar la hibridación artificial en berenjena, bajo las condiciones del Valle del Río Sinú, en función del peso y del número de semillas por fruto, para su aplicación en la obtención de híbridos F_1 , que permitan su uso para el mejoramiento del rendimiento y la calidad de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se realizó en el área experimental de la Universidad de Córdoba (Montería-Colombia), ubicada a una altura de 13msnm. Sus coordenadas geográficas corresponden a los 9° 26' 16" y 7° 22' 05" de latitud norte y 74° 47' 43" y 76° 30' 01" de longitud oeste. La zona de vida a la cual corresponde la capital del departamento, Montería, se denomina bosque seco tropical (bs-T), según la clasificación de Holdrige, con precipitación anual de 1346mm, temperatura media del aire de 27,4°C, humedad relativa de 84% y brillo solar anual de 2108,2 horas (Palencia *et al.* 2006).

Para las hibridaciones artificiales, se cruzaron los cultivares Brinjal Súper Mohini (hipocótilo verde y fruto blanco) y Taiwán (hipocótilo y fruto púrpura), de origen asiático y poseedores de marcadores genéticos contrastantes, tanto en el hipocótilo como en el color de fruto, como fuente femenina y masculina, cuyas corolas en los estados iniciales de desarrollo son de color blanco y cambian a color lila (morado), a medida que se aproximan a la antesis. Estos cultivares fueron introducidos a Colombia, por donación del gobierno de Taiwán y no son cultivados en nuestro medio.

Se utilizó el diseño de bloques completos aleatorizados con ocho tratamientos y cuatro repeticiones (Tabla 1). Cada unidad experimental estuvo constituida por cinco cruzamientos.

Tabla 1. Estructura de tratamientos, según los estados de desarrollo del botón floral de la berenjena (*Solanum melongena* L.).

TRATAMIENTO	PROGENITOR FEMENINOS	PROGENITOR MASCULINO
1	Botón en preantesis*	Botón próximo a antesis**
2	Botón en preantesis*	Botón iniciando antesis***
3	Botón en preantesis*	Flor totalmente abierta****
4	Botón próximo a antesis**	Botón próximo a antesis**
5	Botón próximo a antesis**	Botón iniciando antesis***
6	Botón próximo a antesis**	Flor totalmente abierta****
7	Botón iniciando antesis***	Botón próximo a antesis**
8	Botón iniciando antesis***	Botón iniciando antesis***

* Botón con corola de color crema; ** botón con corola de color morado claro; *** botón con corola de color morado (a las 5:30 a 6:30 a.m.); **** flor totalmente abierta (antesis completa a las 8:00a.m.).

En cada cruzamiento, se realizó previamente la emasculación del progenitor femenino y una remoción de sépalos y pétalos; el polen del cultivar de hipocótilo púrpura, se colectó con un vibrador manual y con la ayuda de un pincel, se colocó sobre el estigma del cultivar de hipocótilo verde. Cada unidad experimental fue etiquetada inicialmente con el nombre de la madre seguido del padre, repetición, fecha y nombre de la persona quien hizo el cruzamiento. Terminada la polinización artificial, se protegió con un cartucho de papel y se hizo un seguimiento a cada una de las hibridaciones, por cinco días y se cosechó cada cruzamiento cuando el fruto alcanzó su grado de madurez indicado por el color de fruto amarillo; posteriormente, se sacaron las semillas y se eliminaron aquellas que flotaron en la superficie del agua por ser vanas o sin cavidad embrionaria (Brasil, 1992) y, luego, se sometieron a secamiento al aire bajo sombra por 36 horas en condiciones ambientales locales (Lanteri *et al.* 1990; Demir *et al.* 2005). De igual manera, la semilla F_1 de cada cruzamiento fue sembrada en semillero, con el fin de verificar la efectividad a través del uso del marcador genético color del hipocótilo, donde el rojo es dominante sobre el verde, por medio del conteo de plántulas de hipocótilo color rojo (Kalloo, 1993).

Las siguientes variables de respuesta fueron evaluadas: peso promedio de frutos a madurez fisiológica (coloración

dorada), número de semillas por fruto e índice de semillas (número de semillas en 1000g). Para todas las variables de estudio fue realizada transformación de datos $\log(X + 5)$. Posterior al análisis de varianza, las medias fueron comparadas por la prueba de Bonferroni; de igual manera, se estimaron correlaciones fenotípicas entre el peso de fruto, número de semillas por fruto e índice de semillas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos en los cuales se utilizaron como progenitores femeninos, los botones florales en estado de preantesis (1, 2 y 3), acusaron ausencia de éxito en la polinización artificial, posiblemente por falta de cambios morfológicos, menor turgencia de las papilas y falta de secreciones en las mismas, que no facilitan la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, para llegar a la nucela de los óvulos (Peñaloza, 2001), por lo que estos no fueron involucrados en el análisis de varianza.

La falla en el proceso de hibridación de los botones florales en preantesis (con corola de color crema) obedece a la falta de receptividad estigmática, verificada por la ausencia de eferescencia a la aplicación de peróxido de hidrógeno al 3%, ya que en este estado de desarrollo, tanto en las papilas como en estilos y ovarios, no han ocurrido cambios bioquímicos y fisiológicos fundamen-

tales para que los contenidos de proteína, azúcar, almidón y hormonas favorezcan la germinación de polen, como lo anotan Dulberger *et al.* (1981) y Gillaspay *et al.* (1993). Así mismo, este período ocurre al momento de la antesis por dos o tres días dependiendo del cultivar y de la especie (Bezerra & Machado, 2003; Ofosu-Anim *et al.* 2006).

El análisis de varianza para las variables peso promedio de fruto a madurez fisiológica, número de semillas por fruto e índice de semillas (Tabla 2), acusó ausencia de

diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0,05$). Los valores altos de las varianzas de los errores experimentales condujeron a coeficientes de variación elevados, lo que no permitió detectar diferencias significativas entre tratamientos. Esta variación encontrada en este tipo de estudio ha sido reportada por otros investigadores y se ha explicado por la variación de las cantidades de polen depositadas sobre cada estigma y su incidencia en el crecimiento y en el desarrollo de frutos y semillas (Muniz *et al.* 2001; Polverente *et al.* 2005; Cardoso, 2005).

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables peso de fruto (P.F.), número de semillas por fruto (N.S.P.F.) e Índice de semilla (I.S.), consideradas en la hibridación artificial en berenjena.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		P.F	N.S.P.F.	I.S
Bloques	3	4.455342	8.45525	47.15753
Tratamientos	4	3.369842 n.s	5.46594 n.s	22.26324n.s
Error	12	3.269916	6.17473	26.90775
Total	19			
Media		121.94	620.75	139.03
C.V.(%)		47	52	64

C.V.= Coeficiente de variación; n.s.= no significativo

Los valores medios de los tratamientos correspondientes a los estados de desarrollo del botón floral próximo a antesis (corola de color morado claro) y botón floral iniciando antesis (corola de color morado), para peso de fruto y número de semillas por fruto, sugieren un posible efecto del estado de desarrollo del botón floral sobre el peso del fruto y, por ende, la cantidad de semilla en los mismos, ya que las de más avanzado estado de desarrollo (iniciando antesis), registraron mayor peso promedio de frutos y número de semillas por fruto. Para ambas variables, los resultados son similares a los reportados por Polverente *et al.* (2005), quienes además señalan que la manipulación de las flores al igual que la cantidad de polen depositada, pueden afectar negativamente los órganos florales femeninos, reduciendo la producción de semillas. Así mismo, destacan que la polinización natural fue más eficiente, que la artificial, debido a que la flor de esta Solanácea, se enmarca bien

en el síndrome de la polinización vibrátil (Buchmann, 1983), ya que sus estambres son de color fuerte; anteras porícidas con granos de polen pequeños y liberados por vibración mecánica directa, que garantiza la constancia de los polinizadores.

Sun *et al.* (1990), Passam & Khah (1992) y Passam *et al.* (2001) señalan que las condiciones ambientales, como altas temperaturas y lluvias, que son reinantes en esta región del país y el genotipo, influyen en la formación de frutos, ya que ejercen un efecto separado, pero aditivo, por lo cual, resulta de gran utilidad realizar siembras en las épocas en que el período de floración no coincida con las condiciones ambientales antes anotadas. Las temperaturas extremas pueden influir de manera detrimental sobre el polen y la superficie estigmática u otra estructura del gineceo (Peñaloza, 2001), especialmente, en los primeros cinco días después de la antesis (Sun *et al.* 1990).

La mayor cantidad de semillas fue encontrada en flores con frutos provenientes de botones iniciando anthesis (corola de color morado), lo que muestra una mejor disposición del estigma el día de la anthesis, hecho que concuerda con lo reportado por Kalloo (1993), quien además anotó que hubo mejor respuesta a uno o dos días después de abierta la flor, alcanzando una producción de 1.300 semillas por fruto, en tanto que Rylski *et al.* (1984) reportan valores entre 572 y 1.639 semillas, resaltando que la longitud de estilo juega un papel importante en la germinación del polen y posterior fecundación de los óvulos. En *Capsicum annuum* y *Serenoa repens*, Ofosu-Anim *et al.* (2006) y Carrington *et al.* (2003) encontraron receptividad estigmática de dos a cuatro días, señalando que esto varía con la especie y el cultivar (Pessaraki & Dris, 2004). Así mismo, esta variación, por una parte, entre medias de tratamientos puede obedecer a la cantidad y al porcentaje de germinación de granos de polen depositados, lo que afecta la formación de semillas (Rylski *et al.* 1984; Avila *et al.* 1989; Polverente *et al.* 2005; Cardoso, 2005); por otro lado, el efecto de la temperatura sobre el crecimiento del tubo polínico, ya que existen evidencias en tomate (Lohar & Peat 1998) y en papaya (Pérez – Martínez *et al.* 2006) que las altas temperaturas conducen a un lento crecimiento del tubo polínico y fallas en el proceso de fecundación, pudiendo causar aborto floral y al efecto del agua (Burke, 2002), puesto que diferencias osmóticas entre el citoplasma del polen y el agua, reducen la cantidad de granos de polen viable por la ruptura de los mismos, lo que ocurre entre pocos segundos y muchos minutos.

En cuanto al índice de semillas, se observaron valores desde 10.732 hasta 214.007 semillas por kilogramo (Tabla 3). Esta variación puede estar relacionada con la deficiencia en los factores de estímulo para la germinación y el crecimiento del tubo polínico, tales como auxinas, giberelinas (Gillaspy *et al.* 1993) y nutricionales. De la misma manera, es muy posible que algunas flores, por el fenómeno de la heterostilia, poseen estilos de longitud variable, factor importante en el éxito de la polinización manual, como lo anotan Nothmann *et al.* (1983), Kowalska (2006), ya que flores con longitud de estilo medio pueden tener algún grado de fertilidad variable y formar frutos, tanto pequeños como partenocárpicos, de acuerdo a lo acotado por Rylski *et al.* (1984) y Handique & Sarma (1995).

Las correlaciones entre el peso de fruto y las características del fruto están contenidas en la Tabla 4. Las correlaciones fenotípicas acusaron altos valores, positivos y significativos entre el peso del fruto y número de semillas por fruto e índice de semillas, sugiriendo que el peso de frutos, tiene un efecto directo sobre el número de semillas e índice de semillas, como resultado de la gran cantidad de óvulos fecundados y semillas formadas. De esta manera, en un programa de producción de semillas, el raleo de estructuras reproductivas, a fin de dejar pocos frutos y reducir la competencia entre ellos por los fotosíntatos, para obtener mayor peso es deseable; en caso contrario, se obtendría menor producción de semillas (Tavares *et al.* 1999; Cavalcanti *et al.* 2000). El número de semillas por fruto acusó ausencia de correlación con el índice

Tabla 3. Valores medios para las variables peso de fruto (P.F.), número de semillas por fruto (N.S.P.F.) e índice de semillas (I.S.), en hibridaciones artificiales de *Solanum melongena* L.

Tratamiento	P. F. (g)	N. S. P. F. (Número)	I.S. Semillas kg ⁻¹
8	235,4 a*	989,7a	214,007 a
7	126,8 a	815,4 a	130,021 a
5	112,1a	601,6 a	112,729 a
6	70,7 a	289,2 a	110,372 a
4	64,5 a	407,9 a	127,804 a

*Medias con la misma letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Bonferroni, $\alpha=0,05$, estadístico de prueba válido cuando la prueba F resulta no significativa.

de semillas, lo que sugiere total independencia entre estas características; además, estas variables no deben ser consideradas como criterio de selección de mejores frutos en un programa de producción de semillas.

Un menor número de semillas por fruto indica mayor tamaño individual, lo que implica un superior contenido

de reservas nutricionales y del número de orgánulos subcelulares, que serán asiento para las reacciones bioquímicas que formarán plántulas con gran vigor hasta que éstas sean capaces de subvenir a sus necesidades por medio de la fotosíntesis y la absorción de nutrientes del suelo (Besnier, 1989).

Tabla 4. Coeficientes de correlación estimados entre el peso de fruto y el número de semillas por fruto.

	Peso de fruto	Número de semillas por fruto	Índice de semilla
Peso de fruto	1,00	0,91*	0,92*
Número de semillas por fruto		1,00	0,76 n.s.
Índice de semilla			1,00

* Significativo ($P < 0,05\%$); n.s. = no significativo

CONCLUSIONES

Estados de desarrollo de botones florales con coloración ligeramente lila (próximo a antesis) y lila (iniciando antesis) son óptimos como fuente femenina para realizar hibridación artificial, bien para cruzamiento de padres divergentes o para la producción de semilla híbrida.

El peso y el número de semillas por fruto y el índice de semillas (número de semillas por kilogramo), no fueron afectados por los tratamientos exitosos probados (botones próximos a antesis e iniciando antesis).

El peso del fruto varía de manera conjunta y, en un mismo sentido con el número de semillas por fruto e índice de semillas.

BIBLIOGRAFÍA

AGRONET. 2008. Producción nacional por producto. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible desde Internet en: <http://www.agronet.gov.co> (con acceso 26/01/2008).

Acuerdo de competitividad de la cadena de hortalizas, 2006. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia Colombia. Disponible desde Internet en: <http://www.Agrocadenas.gov.co> (con acceso 30/05/2008).

ANTONINI, A.C.; ROBLES, W.G.; TESSARIOLI, J.N.; KLUGE, R. 2002. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. Hort. Brasileira 20(4):646-648.

ARAMENDIZ, H.; CARDONA, C.; ROBLES, J.; FERNÁNDEZ, C.; HERNÁNDEZ, J. 2006. Polinización cruzada natural en berenjena *Solanum melongena* L.). Fitotecnia Colombiana. 6(1):59-66.

ARAMENDIZ, H.; HOYOS, F.; GARCIA, E. 1999. Estimación de la variabilidad genética en una población criolla de berenjena (*Solanum melongena* L.) en el departamento de Córdoba. Temas Agrários. 4(8):117-125.

ÁVILA, C.J.; MARTINHO, M.R.; CAMPOS, J.P. 1989. Polinização e polinizadores na produção de frutos e sementes híbridas de abóbora (*Cucurbita pepo* var. melopepo). Anais da Soc. Entomol. Brasil. 18(1):13-19.

BESNIER, F. 1989. Semillas: Biología y tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: España. p.61-62, 201-202.

BEZERRA, E.; MACHADO, I. 2003. Floral biology and pollination system of *Solanum stramonifolium* Jack (Solanaceae) in atlantic forest remnant in Pernambuco. Acta Bot. Brasileira. 17(2):247-257.

- BURKE, J.J. 2002. Moisture sensitivity of cotton pollen: an emasculaton tool for hybrid production. *Agroonomy J.* 94:883-888.
- BUCHMANN, S.L. 1983. Buzz pollination in Angiosperms. In: Jones, C.E.; Little, R.J. (eds). *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand & Reinhold, New York. p.73-113.
- BLAT, S.F.; BRAZ, L.T.; ARRUDA, A.S. 2007. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. *Hort. Brasileira* 25(3):350-354.
- BLETSOS, F.A. 2002. Evaluation of new and commercial eggplant hybrids and cultivars in relation to their frozen product. *Acta Hort.* 579:89-93.
- BRASIL.1992. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNA/DNDV/CLAV, 365p.
- CARDOSO, A.I.I. 2005. Polinização manual em abobrinha: efeitos nas produções de frutos e de sementes. *Hort. Brasileira.* 23(3):731-734.
- CARDOSO, A.I.I. 2001. Melhoramento de hortalças. In: NASS, L.L.; CANDEIRA, A.C.; SOARES, I.; VALADARES, M.C. (eds). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Rondonópolis: Fundação MT, cap 12, p.293-326.
- CARRINGTON, M.E.; GOTTFRIED, T.D.; MULLAHEY, J.F. 2003. Pollination biology of Saw Palmetto (*Serenoa repens*) in Southwestern Florida. *Int. Palm. Soc.* 47:23-27.
- CAVALCANTI, R.; CARVALHO DE, L.P.; DOS SANTOS, V.F. 2000. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em amendoim. *Ciência Agrotecnologia.* 24(1):13-16.
- DEMIR, I.; ERMIS, S.; OKCU, G.; MATTHEWS, S. 2005. Vigour tests for predicting seedling emergence of aubergine (*Solanum melongena* L.) seed lots. *Seed Science and Technology.* 33(2):481-484.
- DÜLBERGER, R.; LEVY, A.; PALEVITCH, D. 1981. Andromonoecy in *Solanum marginatum*. *Botanical Gazette* 142:259-262.
- FAO, 2006. Organización de las naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Estadísticas sobre agricultura. Disponible desde Internet en: <http://www.faostat.fao.org> (con acceso 05/12/2006).
- FILGUEIRA, F.A.R. 2000. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortalças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 402p.
- GEORGE, R.A.T. 1999. *Vegetable seed production*. 2.ed. London: CABI Publishing, 219p.
- GILLASPY, G.; BEM-DAVID, H.; GRUISSEM, W. 1993. Fruit a development persective. *The Plant Cell.* 5(10):1439-1451.
- GOMES, J.E.; PAVANIZ, M.C.; PERECIN, D.; MARTINS, A.B. 2001. Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de aceroleira. *Scientia Agrícola.* 58(3):519-523.
- HANDIQUE A.K.; SARMA A., 1995. Alteration of heterostyly in *Solanum melongena* L. through gamma-radiation and hormonal treatment. *J. Nuc. Agric. Biol.* 24:121-126.
- JARAMILLO, J.; LOBO, M. 1990. Hortalizas. Manual de Asistencia Técnica N° 28. Ministério de Agricultura y Desarrollo Rural. ICA. División Agropecuária. p.145-163.
- KALLOO, G. 1993. Eggplant (*Solanum melongena* L.). In: Kalloo, G.; Bergh, B.O. (eds.). *Genetic improvement of vegetable crops*. Pergamon Press Inc, 660 White Plains Road, Tarrytown, New York. p.387-399.
- KOHN, J.R.; BARRETT, S.C. 1992. Experimental studies on the functional significance of heterostyly. *Evolution.* 46:43-55.
- KOWALSKA, G. 2006. Eggplant (*Solanum melongena* L.) flowering and fruiting dynamics depending on pistil type as well as way of pollination and flower harmonization. *Folia Horticulturae.* 18(1):17-29.
- LANTERI, S.; BELLETI, P.; NASSI, M.O., QUAGLIOTTI, L. 1990. Cryo – preservation of pepper and eggplant seeds. *Capsicum newsletter* 8-9:64-65.

- LEE, E.M.; KIM, K.J.; KIM, H.S.; KIM, W.S. 2002. Improvement of eggplant production through night temperature control related with solar radiation and enhancement of plastic house covering. *Acta Hort.* 633:Proc.XXVI:287-293.
- LOHAR, D.P.; PEAT, W.E. 1998. Floral characteristics of heat-tolerant and heat-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars at high temperature. *Scientia Hort.* 73(1):53-60.
- MALM, N.R.; RACHIE, K.O. 1971. *Setaria* millets: A review of the world literature. S.B. 513. University of Nebraska, Lincoln. p.19-29.
- MALUF, W.R. 2001. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. In: Nass, L.L.; Candeira, A.C.; Soares, I.; Valadares, M.C. (eds). Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap 13, p.327-355.
- MOTTEN, A.; STONE, J. 2000. Heritability of stigma position and the effect of stigma-anther separation on outcrossing in a predominantly self-fertilizing weed, *Datura stramonium* (Solanaceae). *Am. J. Bot.* 87(3):339-347.
- MUNIZ, F.B.; DA SILVA, M.A.; MELLO, F.A.; MAIA, M.S. 2001. Avaliação da qualidade de sementes de melão cv. Gaúcho produzidas pelo sistema agroecológico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 19, suplemento. CD-ROM, julho 2001.
- NOTHMANN, J.; RYLSKI, L.; SPIGELMAN, M. 1983. Interactions between floral morphology position in cluster and 2, 4 -D treatment in three eggplant cultivars. *Scientia Hort.*22:35-44.
- OFOSU-ANIM, J.; OFFEL, S.K.; YAMAKI, S. 2006. Pistil receptivity, pollen tube growth and gene expression during early fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Internat. J. Agriculture & Biology.* 8(5):576-579.
- PALENCIA, G.; MERCADO, T.; COMBATT, E. 2006. Estudio Agrometeorológico del Departamento de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. Gráficas del Caribe. 126p.
- PASSAM, H.C.; BALTAS, C.; BOYIATZOGLOU, A.; KHAH, E.M. 2001. Flower morphology and number of aubergine (*Solanum melongena* L.) in relation to fruit load and auxin application. *Sci. Hort.* 89(4):309-316.
- PASSAM, H.C.; KHAH, E.M. 1992. Flowering, fruit set and fruit and seed development in two cultivars of aubergine (*Solanum melongena* L.) grown under plastic cover. *Sci. Hort.* 51(3-4):179-185.
- PEÑALOZA, P. 2001. Semillas de hortalizas: manual de producción. Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso. Editorial Salesianos Impresores S.A. 147p.
- PÉREZ, D. 2006. Estudio sobre la biología floral de la berenjena (*Solanum melongena* L). Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. 72p.
- PEREZ-MARTÍNEZ, J.; BASSO, C.; JAUREGUI, D.; MELENDEZ, L. 2006. Cantidad, viabilidad y germinabilidad de los granos de polen de *Carica papaya* L. *Revista de la Facultad de Agronomía - LUZ.* 23(2):172-180.
- PESSARAKLI, M.M.; DRIS, R. 2004. Pollination and breeding of eggplants. *Food, Agr. & Environ.* 2(1):218-219.
- POLVERENTE, M.R.; CARNEIRO, D.; CARDOSO, A.I. 2005. Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. *Bragantia.* 64(3):467-472.
- PROHENS, J.; BLANCA, J.M.; NÚEZ, F. 2005. Morphological and molecular variation in a collection of eggplants from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 130(1):54-63.
- RYLSKI, I.; NOTHMANN, J.; ARCAN, L. 1984. Differential fertility in short-styled eggplant flowers. *Scientia Hort.* 22(1):39-46.
- SEKARA, A.; CEBULA, S.; KUNICKI, E. 2007. Cultivated eggplants – origin, breeding, objectives and genetic resources, a review. *Folia Hort.*19(1):97-114.

- SILES, M.M.; BALTENSPERGER, D.D.; NELSON, L.A. 2001. Technique for Artificial Hybridization of Foxtail Millet [*Setaria italica* (L.) Beauv.]. *Crop Science*. 41(5):1408-1412.
- SOUSA, J.A.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A. 1997. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de polinização aberta e híbrida F₁ de berinjela (*Solanum melongena* L.). *Ciência e Agrotecnologia*. 21(2):334-342.
- SUN, W.; WANG, D.; WU, Z.; ZHI, J. 1990. Seasonal change of fruit setting eggplants (*Solanum melongena* L.) caused by different climatic conditions. *Scientia Hort*. 51(1-2):55-59.
- SWARUP, V. 1995. Genetic resources and breeding of aubergine (*Solanum melongena* L.). *Acta Hort*. 412:71-79.
- TAVARES, M.; TAVARES DE MELO, A.M. ; SCIVITTARO, W.B. 1999. Efeitos diretos e indiretos e correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. *Bragantia*. 58(1):41-47.
- TEXEIRA, L.C.; MACHADO, I.C. 2004. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). *Acta Bot. Bras*. 18(4):853-862.
- VALLEJO, F.; ESTRADA, E. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Feriva S.A. 402p.

Recibido: Febrero 26 de 2008

Aceptado: Julio 21 de 2008

ANÁLISIS DE SENDERO PARA ALGUNAS PROPIEDADES DEL FRUTO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)

PATH ANALYSIS FOR SOME FRUIT PROPERTIES OF PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)

Miguel Espitia C. ¹
Luz E. Vargas O. ²
Guillermo Martínez F. ³

RESUMEN

En Colombia, no se han reportado estudios sobre análisis de sendero para maximizar el progreso por selección en el mejoramiento de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). El estudio tuvo como objetivos realizar dos análisis de sendero, uno para el peso del fruto (PFR) y otro para el peso de la semilla con arilo (PSC) del fruto de maracuyá, bajo las condiciones que presenta la ciudad de Montería (Córdoba, Colombia). Se utilizaron las correlaciones fenotípicas y genéticas originadas del análisis de 400 frutos, obtenidos de diez lotes comerciales, diez plantas / lote y cuatro frutos / planta (repeticiones), bajo un diseño anidado con frutos dentro de planta y plantas dentro de lotes. El análisis de sendero para PFR señaló que los efectos directos fueron positivos y 2,28 a 16,50 veces, los indirectos, cuando se usaron las correlaciones fenotípicas y 1,93 a 6,90 veces cuando se utilizaron las genéticas. El peso de la cáscara (PCA) fue la variable que mostró el mayor efecto directo sobre el PFR. El análisis para el PSC, al

utilizar las correlaciones fenotípicas o genéticas, señaló que en el PFR los efectos directos fueron 3,2 a 80 veces los indirectos. El PFR fue la variable que mostró el mayor efecto directo sobre el peso de la semilla con arilo. Los efectos indirectos vía PFR fueron mayores que los directos en todas las otras variables. El peso del fruto, se puede usar como criterio de selección para la obtención de cultivares de alto rendimiento de PSC del fruto en maracuyá.

Palabras clave: Coeficiente de sendero, peso del fruto, peso semillas con arilo, fitomejoramiento.

SUMMARY

In Colombia, no studies of path analysis to maximize the selection progress in passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) breeding have been reported. The objectives of this work were, therefore, to estimate two path analysis, one for weight per fruit and the other one for seed weight with aril under environmental conditions of the city of Montería (Cordoba, Colombia). Genetic and phenotypic correlations obtained from the analysis of 400 fruits, collected from ten commercial lots, ten plants/lot and four fruits/plant (repetitions) were used under a hierarchical design with plants within lot and fruits within plant. Path analysis for weight per fruit showed that the direct effects were positive and 2.28 to 16.50 times, compared to indirect effects, when phenotypic correlations were used and, 1.93 to 6.90 times, when genetic correlations were employed. Peel weight was the variable that caused the largest direct effect on fruit

¹ Ingeniero Agrónomo – Ph.D. Fitomejoramiento, Profesor Titular Universidad de Córdoba, Diagonal 50 No. 8 – 105 – Barrio Villa del Río – Montería (Córdoba). mespitia@sinu.unicordoba.edu.co

² Licenciada en Estadística, Profesora Catedrática, Universidad de Córdoba, Montería. luzvargas13@hotmail.com

³ Licenciado en Matemáticas, M.Sc. Estadística, Profesor Titular Universidad de Córdoba, Montería. guidomaflo@sinu.unicordoba.edu.co

weight. Path analysis for seed weight with aril, when the phenotypic or genetic correlations were used, showed that in fruit weight the direct effects were 3.2 to 80 times, compared to indirect effects. Fruit weight was the variable that showed the largest direct effect on seed weight with aril. The indirect effects through fruit weight were higher than the direct effects within the other variables. Fruit weight can be used as selection criteria for obtention of passion fruit cultivars of high pulp yield.

Key words: Path coefficient, fruit weight, weight of seed with aril, plant breeding.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el cultivo del maracuyá ha sido priorizado, estratégicamente, dentro de la agenda exportadora (Agronet, 2008). El cultivo comercial en el país, se inició en los años 60 y fue en la década de los 80 cuando comenzó su participación en el mercado internacional. La superficie cultivada en 2005 fue de 4.570ha, con una producción de 80,397t, rendimiento promedio de 17,6t ha⁻¹ y costos de producción variables, en poblaciones orientadas a mercados, en ciclo de tres años, que oscilan entre US\$ 180 a 290 por t y ganancias netas de US\$ 1.500 por hectárea (Schwentenius & Gómez, 2008; Agronet, 2008). Ecuador es el principal exportador de jugo concentrado, superando a Brasil, logrando exportaciones a Estados Unidos, Alemania, Chile, Argentina y Brasil, cuyo uso es reforzar el sabor de otras frutas, sobre todo del durazno, en jugos mezclados, yogur y quesos (Schwentenius & Gómez, 2008).

La maracuyá es una de las especies hortofrutícolas priorizadas en la agenda interna del departamento de Córdoba, por el valor alimenticio de su jugo y por el potencial que ofrece la utilización de la cáscara y la semilla (Agronet, 2008). Es el tercer productor a nivel nacional, con 887ha, producción de 15.978t y rendimiento de 18t ha⁻¹. La mayor área, se encuentra localizada en el corregimiento de San Isidro, con rendimientos de 15t ha⁻¹, muy por debajo del rendimiento promedio del Ecuador, que es de 25t ha⁻¹. Esta baja producción es causada entre otros factores por la gran variabilidad de los suelos y manejo agronómico en los campos comerciales, además de la falta de genotipos tolerantes a enfermedades y altamente productivos, que permitan satisfacer la demanda interna y abrir paso a los mercados internacionales (Sperizen, 2004; Agronet, 2008). En este

sentido, pocos son los esfuerzos realizados en el caribe colombiano para explotar la variabilidad y desarrollar cultivares para nuestras condiciones ambientales.

Colombia necesita diversificar las áreas agrícolas y elevar los rendimientos y, con ello, la participación en los niveles de exportación de frutas frescas y procesadas, pues nuestra intervención en el mercado internacional es muy baja, a pesar del potencial de producir frutas durante todo el año, debido a factores tecnológicos limitantes, como cultivares no mejorados, baja utilización de irrigación, deficiente manejo y conservación de la calidad de las frutas producidas (Agronet, 2008).

Meletti & Bruckner (2001) señalan que el mercado de fruta fresca requiere frutos de forma ovalada para una buena clasificación comercial, buena apariencia, resistencia al transporte y con reducidas pérdidas durante el almacenamiento y la comercialización. De igual manera, el sector agroindustrial, prefiere frutas con todas sus cavidades llenas de pulpa, alto contenido de ácidos y sólidos solubles y un color uniforme. El sector industrial en Brasil demanda frutos con porcentaje de pulpa superior al 50%, contenidos de sólidos solubles totales mayor a 15° Brix, compactos y de color amarillo (Meletti *et al.* 2000).

El peso del fruto es una característica importante en el mejoramiento genético, ya que está positivamente relacionado con el rendimiento. Los frutos deben ser grandes y de forma ovalada para conseguir una buena clasificación comercial, así mismo, de cáscara fina y cavidades internas llenas que permitan un mayor rendimiento de jugo (Meletti *et al.* 2000).

La variabilidad genética intra e interespecífica ha sido reportada por muchos investigadores (Cunha, 1996; Fajardo *et al.* 1998; Crochemore *et al.* 2003; Viana *et al.* 2003; Ganga *et al.* 2004; De Moraes *et al.* 2005), lo que señala la potencialidad de mejorar sustancialmente los rendimientos y la calidad de fruto.

Para entender mejor las causas entre las asociaciones entre caracteres, Wright (1921) propuso el análisis de sendero que desdobra las correlaciones estimadas en efectos directos e indirectos de caracteres sobre una variable básica. Los análisis han sido aplicados, en varias especies hortofrutícolas, como en pimentón *Capsicum annum* L (De Carvalho *et al.* 1999) y berenjena *Solanum melongena* L. (Ingale & Patil, 1995).

Falconer & Mackay (1996) y Cruz & Regazzi (1997) señalan que los coeficientes de correlación, a pesar de ser de gran utilidad en la cuantificación de la magnitud y dirección de las influencias de factores en la determinación de caracteres complejos, no dan una exacta importancia relativa de los efectos directos e indirectos de esos factores; la solución a ese problema, se logra con el análisis de sendero.

El análisis de sendero consiste en desdoblar el coeficiente de correlación (fenotípico, genético o ambiental), en los efectos directos e indirectos de varios caracteres (causas), sobre una variable básica compleja (efecto). A pesar que una correlación es una característica intrínseca a dos caracteres en una condición experimental dada, su descomposición es dependiente del conjunto de caracteres estudiados, las cuales, normalmente, son evaluadas por el conocimiento previo del investigador, con base en su importancia y las posibles interrelaciones expresadas anteriormente (Falconer & Mackay, 1996; Cruz & Regazzi, 1997; Vencovsky & Barriga, 1992).

El estimador dentro del análisis de sendero que mide las relaciones causa – efecto entre caracteres es llamado coeficiente de sendero (path coefficient), el cual, mide la influencia directa de una variable sobre otra, independientemente de las demás. Es este estadístico que permite desdoblar los coeficientes de correlación simples en sus efectos directos e indirectos.

Un análisis de sendero es, en esencia, un estudio que permite evaluar si una relación entre dos variables es de causa – efecto o es determinada por la influencia de otra u otras variables. Por lo tanto, un análisis de sendero puede ser realizado a partir de correlaciones fenotípicas, genéticas o ambientales (Cruz & Regazzi, 1997; Vencovsky & Barriga, 1992). La descomposición de las correlaciones (en efectos directos e indirectos) entre los caracteres agronómicos más importantes es de fundamental importancia, para el logro eficiente de los objetivos en los programas de mejoramiento genético de esta especie.

El análisis de sendero ha sido utilizado con mucho éxito a través del tiempo, como herramienta de gran ayuda en el proceso de selección de plantas y de animales. Diversos estudios sobre correlaciones entre rendimiento y sus componentes, propiedades del fruto, del jugo y de la calidad de la semilla en maracuyá amarillo (*P. edulis*),

han sido reportados por algunos autores (Coelho *et al.* 2007; Pio *et al.* 2003; Albuquerque *et al.* 2002; De Oliveira, 1980; Ferreira *et al.* 1975), sin embargo, los estudios sobre análisis de sendero para las propiedades del fruto son muy escasos (Negreiros *et al.* 2007; Coelho *et al.* 2007).

Estudios realizados en diversas zonas productoras de maracuyá en Brasil, por Albuquerque *et al.* (2002), por De Oliveira (1980) y por Ferreira *et al.* (1975), indican una correlación genética alta y positiva ($r > 0,67$) entre el peso del fruto, el diámetro ecuatorial del fruto y el peso de la semillas con arilo (pulpa). Negreiros *et al.* (2007) trabajando con 200 frutos de un ensayo de 42 progenies de medios hermanos de maracuyá amarillo, encontraron que el análisis de sendero evidenció que el peso de la cáscara y de la pulpa poseen alta correlación con el peso del fruto, donde el peso de la pulpa posee mayor efecto directo. De igual forma, hallaron que el diámetro ecuatorial del fruto presentó mayor efecto directo positivo sobre el rendimiento de pulpa, con relación a la longitud del fruto.

La literatura colombiana sobre mejoramiento genético de maracuyá, no reporta estudios sobre análisis de sendero para las propiedades del fruto, que maximicen la selección y el logro de progresos genéticos en el mejoramiento clásico de la especie, en aras de satisfacer las necesidades de productores y el sector agroindustrial.

El estudio tuvo como objetivos realizar dos análisis de sendero: uno para el peso del fruto en función del peso de la cáscara (pericarpio), peso de la semilla con arilo (pulpa) y peso de la semilla sin arilo (semilla) y, otro, para el peso de la semilla con arilo (pulpa) en función del peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar y peso de la semilla sin arilo del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se realizó en el año 2006, en la vereda San Isidro (Montería, Córdoba), ubicada en las coordenadas geográficas 8° 35' 09" de latitud norte (N) y 75° 53' 42" de longitud oeste (W), respecto al meridiano de Greenwich, a 48msnm, humedad relativa promedio de 85%, precipitación media de 1.600mm anual, temperatura media de 28°C. Pertenece a la zona climática calido-moderada, según la clasificación de

Holdridge, a la formación Bosque Seco Tropical (BS-T) y a la zona agroecológica Cj (Palencia *et al.* 2006; IGAC, 1985).

Con la participación activa de productores líderes en toda la zona, se escogieron diez lotes comerciales (Tabla 1) de

buena producción y, en cada uno de éstos, se eligieron diez plantas por su vigor, precocidad, sanidad, prolificidad y propiedades comerciales deseables del fruto (amarillos, grandes, elongados y sanos), para un total de 100 plantas. En cada planta, se seleccionaron cuatro frutos por sus características comerciales deseables.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los diez lotes comerciales de maracuyá estudiados.

Lotes	Coordenadas
1	8° 35' 09" N y 75° 53' 42" W
2	8° 35' 05" N y 75° 53' 44" W
3	8° 35' 04" N y 75° 53' 40" W
4	8° 35' 41" N y 75° 54' 17" W
5	8° 34' 54" N y 75° 54' 68" W
6	8° 34' 54" N y 75° 53' 34" W
7	8° 34' 03" N y 75° 54' 33" W
8	8° 34' 07" N y 75° 54' 35" W
9	8° 34' 31" N y 75° 52' 53" W
10	8° 34' 28" N y 75° 52' 49" W

Los frutos se llevaron al laboratorio de fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba, donde se realizó la estimación de 16 caracteres relacionados con las propiedades físicas y químicas del fruto. Sin embargo, para este estudio, sólo se consideraron por su mayor importancia y nivel de correlación, los caracteres: 1) peso del fruto (PFR), 2) peso de la cáscara o pericarpio (PCA), 3) diámetro ecuatorial (DEC), 4) diámetro polar (DPO), 5) peso de la semilla con arilo o pulpa (PSC) y 6) peso de la semilla sin arilo o semilla (PSA).

La investigación se implementó bajo un diseño experimental anidado con diez lotes de maracuyá, diez plantas dentro de cada lote y cuatro frutos (repeticiones), en cada planta. La estimación de los coeficientes de correlación fenotípicos, genéticos y ambientales, los coeficientes de sendero (efectos directos) y los efectos indirectos, se llevaron a cabo mediante el uso del programa computacional GENES versión Windows (2004.2.1), desarrollado por Cruz (2004).

En total, se realizaron cuatro análisis de sendero: dos para el sistema PFR (variable efecto), en función del PCA, PSC y PSA (variables causas) y, otro para PSC (variable efecto), en función del PFR, DEC, DPO y PSA (variables causas). Los dos análisis de sendero en cada sistema, uno se origina de la realización del estudio con base en el uso de la matriz de correlaciones fenotípicas y, el otro, de la matriz de correlaciones genéticas. Ambas matrices, las origina, automáticamente el programa GENES en el procedimiento para el análisis de varianza (Tabla 2).

Para estimar los efectos directos en cada uno de los análisis, GENES utiliza una matriz de correlaciones (fenotípica o genética: dependiendo el interés), la descompone y la organiza en el siguiente sistema de matrices: $P = A^{-1} \cdot R$; en donde: A^{-1} es la inversa de la matriz de correlaciones (entre cada una de las variables causas), R es el vector de coeficientes de correlaciones entre las variables causas con la variable efecto y P es vector de coeficientes de sendero. La descomposición

Tabla 2. Correlaciones fenotípicas (rF), genéticas (rG) y ambientales (rE) entre seis caracteres asociados al fruto.

VARIABLES ¹	r	DEC	DPO	PCA	PSC	PSA
PFR	r _F	0,88**	0,76**	0,95**	0,87**	0,79**
	r _G	0,89**	0,78**	0,97**	0,92**	0,78**
	r _E	0,85**	0,70*	0,88**	0,87**	0,86**
DEC	r _F		0,74**	0,87**	0,71*	0,61*
	r _G		0,77**	0,89**	0,77**	0,60*
	r _E		0,67*	0,81**	0,69*	0,70*
DPO	r _F			0,75**	0,61*	0,57*
	r _G			0,78**	0,68*	0,59*
	r _E			0,63*	0,59*	0,63*
PCA	r _F				0,67*	0,67*
	r _G				0,80**	0,74**
	r _E				0,56*	0,65*
PSC	r _F					0,82**
	r _G					0,81**
	r _E					0,82**

** significativos al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente.

1. Peso del fruto (PFR), diámetro ecuatorial (DEC), diámetro polar (DPO), peso de la cáscara (PCA), peso de la semilla con arilo (PSC) y peso de la semilla sin arilo (PSA).

de los coeficientes de correlación de cada una de las variables causa con la variable efecto (r_{Xiy}), en sus componentes efecto directo (P_i) y efecto indirecto (E_i), permite, mediante el despeje de las siguientes ecuaciones, estimar los respectivos efectos indirectos (E_i) de cada variable causa:

$$r_{X1Y} = P_1 + E_1 \quad : \text{ para con PCA}$$

$$r_{X2Y} = P_2 + E_2 \quad : \text{ para con PSC}$$

$$r_{X3Y} = P_3 + E_3 \quad : \text{ para con PSA}$$

El coeficiente de sendero, debido a los efectos residuales o a otras variables no consideradas en el estudio (h), la estima mediante la siguiente ecuación:

$$h = [1 - (P_1 \cdot r_{X1Y}) - (P_2 \cdot r_{X2Y}) - (P_3 \cdot r_{X3Y})]^{1/2}.$$

De forma similar, se puede extender el modelo cuando el sistema considera más de tres variables causas, como es el caso de PSC (variable efecto), en función del PFR, DEC, DPO y PSA (variables causas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las magnitudes y los sentidos de los efectos directos e indirectos derivados de la descomposición de las correlaciones fenotípicas y genéticas para el PFR en función del PCA, PSC y PSA, se presentan en la tabla 3. Se observa que el coeficiente de determinación (R^2) en el análisis de sendero fenotípico y genético para el PFR estuvo por encima del 99%, es decir, que el 99% de la variabilidad del PFR fue explicada por las variables: PCA, PSC y PSA, lo cual, indica el buen ajuste del modelo a los datos y la importancia de las tres variables explicativas en la definición del PFR.

Además, se presentó una similitud en la descomposición de las correlaciones en sus efectos directos (en la diagonal) e indirectos (por fuera de la diagonal), para cada una de las variables, entre el análisis con base a las correlaciones fenotípicas y genéticas tanto en sentido, como en magnitud, lo que indica que la relación entre el PFR y las variables explicativas se debe a factores genéticos y no a la existencia de efectos ambientales.

Tabla 3. Análisis de sendero para el peso del fruto (PFR) en función del peso de la cáscara (PCA), peso de la semilla con arilo (PSC) y peso de la semilla sin arilo (PSA).

VARIABLES	CORRELACIONES FENOTÍPICAS			r_F con PFR
	PCA	PSC	PSA	
PCA	0,66	0,29	-0,04	0,95**
PSC	0,44	0,43	-0,05	0,87**
PSA	0,44	0,34	-0,01	0,79**
	R ² = 0,995		h= 0,07	
	CORRELACIONES GENÉTICAS			r_G
	PCA	PSC	PSA	con PFR
PCA	0,68	0,35	-0,05	0,97**
PSC	0,54	0,43	-0,06	0,92**
PSA	0,50	0,35	-0,07	0,78**
	R ² = 1		h= 0	

*, ** significativos al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente.

En ambos análisis, el efecto directo del PCA sobre el PFR es positivo (0,66 y 0,68) y explica, principalmente, la asociación significativa entre PCA y PFR. El efecto directo fue mayor que los indirectos, siendo 2,28 (0,66 / 0,29) a 16,50 (0,66 / -0,04) veces en las correlaciones fenotípicas y 1,93 (0,68 / 0,35) a 13,6 (0,68 / -0,05) en las genéticas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Negreiros *et al.* (2007), quienes encontraron que el análisis de sendero evidenció que el peso de la cáscara presentó alta correlación con el peso del fruto y su efecto directo fue de 0,5359.

El nivel de correlación tanto fenotípica ($r_F = 0,87$) como genética ($r_G = 0,92$), entre el PSC y el PFR, se explica por la participación de los efectos directo e indirecto, aunque con ligera mayor importancia del efecto indirecto vía peso de la cáscara (PCA), con valores de 0,44 y 0,54, con el uso de la correlación fenotípica y genética, respectivamente. Ello sugiere que el grado de asociación significativa y directa existente entre el PSC y PFR, se debe en mayor proporción a la influencia indirecta del PCA. Por lo tanto, para realizar selección de frutos por mayor peso es necesario elegir frutos con mayor PCA y PSC.

La descomposición de las correlaciones ($r_F = 0,79$ y $r_G = 0,78$) entre el PSA y PFR, está explicada solamente por los efectos indirectos vía PCA y PSC, siendo superior el efecto indirecto, a través del PCA, con valores de 0,44 y 0,50 en el análisis fenotípico y genético, respectivamente. Esto indica que la correlación significativa y directa existente entre el PSA y PFR, se debe en mayor proporción a la influencia indirecta, a través de PCA y PSC.

Con base en este primer análisis de sendero, se puede inferir que, la selección de frutos con mayor peso de cáscara (PCA) permite la obtención directa de frutos más pesados y, de forma indirecta, con mayor peso de semillas con arilo (pulpa) y semillas sin arilo (semillas).

En el análisis de sendero para el PSC en función del PFR, DEC, DPO y PSA se presenta en la tabla 4 y se observa que el coeficiente de determinación (R^2) en el análisis de sendero fenotípico y genético estuvo por encima del 80%, es decir, que el 80% de la variabilidad del PSC es explicada por las variables PFR, DEC, DPO y PSA, lo cual, indica el buen ajuste del modelo a los datos y la importancia de las variables explicativas en la

definición del PSC. No obstante, la suma de los efectos directos e indirectos no originan el valor exacto de la correlación fenotípica esperado para las variables causas (PFR, DEC, DPO y PSA) con la variable efecto (PSC), debido a la presencia de importantes efectos residuales

($h = 0,43$ y $0,35$) originados por la influencia de otras variables no incluidas en el análisis de sendero para el sistema considerado de PSC en este estudio, como por ejemplo: peso y grosor de la cáscara y cavidad del fruto para la pulpa (Negreiros *et al.* 2007).

Tabla 4. Análisis de sendero para el peso de la semilla con arilo (PSC) en función del peso de fruto (PFR), diámetro ecuatorial (DEC), diámetro polar (DPO) y peso total de la semilla (PSA).

VARIABLES	CORRELACIONES FENOTÍPICAS				r_F
	PFR	DEC	DPO	PSA	con PSC
PFR	0,80	-0,11	-0,01	0,25	0,87**
DEC	0,70	-0,01	0,20	0,19	0,71*
DPO	0,61	-0,09	-0,09	0,18	0,61*
PSA	0,63	-0,07	-0,05	0,32	0,82**
	R ² = 0,81		h= 0,43		
	CORRELACIONES GENÉTICAS				r_G
	PFR	DEC	DPO	PSA	con PSC
PFR	0,93	-0,11	-0,07	0,16	0,92**
DEC	0,83	-0,12	-0,07	0,13	0,77**
DPO	0,73	-0,09	-0,09	0,12	0,68*
PSA	0,73	-0,07	-0,05	0,21	0,81**
	R ² = 0,88		h= 0,35		

*, ** significativos al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente.

Los resultados muestran similitud entre el análisis con base en las correlaciones fenotípicas y genéticas, tanto en sentido como en magnitud, lo que indica que la relación entre el peso de la semilla con arilo (PSC) y las variables explicativas obedece a una mayor influencia de efectos genéticos que ambientales. En ambos análisis, el efecto directo del peso del fruto (PFR) sobre el peso de la semilla con arilo o pulpa (PSC) es positivo y es el que explica, principalmente, la asociación significativa entre PSC y PFR, con valores de coeficientes de sendero fenotípico y genético de 0,80 y 0,93, respectivamente. Este efecto directo fue mayor 3,2 (0,80 / 0,25) a 80 (0,80 / -0,01) veces en las correlaciones fenotípicas y 5,8 (0,93 / 0,16) a 13,3 (0,93 / -0,07) veces en las correlaciones genéticas, comparados con los efectos indirectos en ambos análisis, en otras palabras, la asociación existente

entre el PSC y el PFR no obedece al efecto indirecto del DEC, DPO y PSA. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Negreiros *et al.* (2007), Albuquerque *et al.* (2002), Oliveira (1980) y Ferreira *et al.* (1975) quienes han encontrado correlación genética alta y positiva ($r > 0,67$) entre el peso del fruto con el peso de la semillas con arilo (pulpa), señalando que frutos con mayor PFR presentan mayor peso de pulpa (PSC).

La descomposición de las correlaciones ($r = 0,71$ y $0,77$) entre DEC con PSC, señala que es el efecto indirecto vía PFR (0,70 y 0,83) que explica el nivel de asociación significativo entre ellos en ambos análisis. Este efecto indirecto representa 70 y 6,92 veces el efecto directo en el análisis fenotípico y genético, respectivamente. Similar situación, se presenta para el análisis de sendero

entre DPO con PSC y PSA con PSC, ya que sus efectos indirectos vía PFR son los que explican el nivel de correlación significativo entre ellos en ambos análisis. Los efectos indirectos de DPO, a través de PFR (0,61 y 0,73), representaron entre 6,80 a 8,11 veces los efectos directos. A su vez, los efectos indirectos de PSA, a través de PFR (0,63 y 0,73), indicaron entre 1,97 a 3,50 veces los efectos directos. Lo anterior muestra una posible selección indirecta de la cantidad de pulpa por medio de la selección basada en el PFR.

Con base en los resultados obtenidos en este segundo análisis de sendero, se puede deducir que la selección de frutos con mayor peso (PFR) permite la obtención de frutos con mayor contenido de pulpa (PSC), de manera directa e indirecta (Negreiros *et al.* 2007). Esto señala que el PFR se puede utilizar eficientemente como criterio para lograr progresos genéticos en la selección de frutos con mayor contenido de pulpa y semilla, mientras que el DEC, DPO, PSA, no son un buen criterio de selección, para lograr el mismo propósito. Sin embargo, ello se puede convertir en una dificultad en el mejoramiento genético, ya que el peso de frutos está asociado con un menor número de frutos por planta (Viana & Menezes, 2005). El PFR se justifica, además, porque es un carácter más fácil de medir, posibilitando evaluar mayor cantidad de plantas o progenies en el proceso de selección, en comparación, incluso, con el PCA (pericarpio), la cual, mostró también alta correlación genética con PFR ($r_G = 0,97^{**}$), explicada principalmente por sus efectos directos con ésta (0,68).

Los resultados obtenidos son de mucha importancia en los programas de mejoramiento genético de maracujá, que buscan responder a la demanda de frutos con mayor contenido de pulpa (>PSC) para el consumo en fresco y procesado por la agroindustria de jugos e igualmente obtener mayor cantidad de semilla por fruto en las hibridaciones artificiales. Ello es de mayor interés si el fitomejorador hace énfasis en la selección de frutos con mayor peso de cáscara, delgada y compacta, lo cual, ofrecerá, de forma indirecta, mayor resistencia al manipuleo, transporte y mayor cavidad potencial para el llenado de pulpa en el fruto (Negreiros *et al.* 2007).

La selección de frutos ovoides, aunque se puede justificar en virtud de exigencias del mercado por mayor rendimiento de pulpa por fruto, en este estudio al igual que en lo encontrado por Negreiros *et al.* (2007), sugiere

que no deberá ser aplicada con el objetivo de aumentar el rendimiento de pulpa, en razón a que el efecto genético indirecto del diámetro ecuatorial (DEC = 0,83) es mayor que el del diámetro polar (DPO = 0,73), que es un estimador de la longitud del fruto.

CONCLUSIONES

El peso de la cáscara (pericarpio) es el carácter que tiene mayor efecto directo sobre el peso del fruto y explica, a través de sus efectos indirectos, las correlaciones de otras variables con el peso del fruto.

El peso de la cáscara y en segundo lugar el de la semilla con arilo, se puede usar como criterio de selección, en el mejoramiento genético de *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg., para la obtención de frutos con gran peso.

El peso del fruto, se puede emplear como criterio de selección en el mejoramiento genético de *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg., para la obtención de frutos con mayor contenido de pulpa y semilla.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRONET. 2008. Análisis y Estadísticas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Disponible desde Internet en <http://www.agronet.gov.co> (con acceso 23/01/08).
- ALBUQUERQUE, A.S.; BRUCKNER, C.H.; CRUZ, C.D.; CASALI, V.W.D.; ARAÚJO, R. DA C.; MOREIRA, A.E.; DE SOUZA, J.A. 2002. Possibilidade de seleção indireta para peso do fruto e rendimento em polpa em maracujá (*Passiflora edulis* Sims). In memorias: Congresso Brasileiro do Fruticultura, III-17., 2002, Belém. Anais Belém: Embrapa. Cd-Room.
- COELHO, E.; FIGUEIREDO, R.D.; FERREIRA, R.; PIO, A.V. 2007. Path analysis for physiological traits that influence seed germination of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Crop Breeding and Applied Biotech. 7:148-154.
- CROCHEMORE, M.L.; MOLINARI, H.B.; COLAUTO, N.M. 2003. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp). Rev. Brás. Frut. 25(1):5-10.

- CRUZ, C.D. 2004. Programa GENES. Versao Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa. Disponible desde Internet en www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm. (con acceso 16/01/05).
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. 1997. Modelos Biométricos aplicados al Mejoramiento Genético. 2a Ed. Editorial UFV. Brasil. 390p.
- CUNHA, M.A.P. 1996. Recursos genéticos e modificações em métodos de seleção para produtividade em maracujá. Rev. Brás. Frut. 18:413-423.
- DE CARVALHO, C.G.; RODRIGUES, V.; CRUZ, C.; DIAS, V.W. 1999. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. Pesquisa Agropec. Brás. 34(4):603-613.
- DE MORAES, M.C.; GERALDI, I.O.; MATTA, F.; CARNEIRO, M.C. 2005. Genetic and phenotypic parameter estimates for yield and fruit quality traits from a single wide cross in yellow passion fruit. Hort Science. 40(7):1978-1981.
- DE OLIVEIRA, J.C. 1980. Melhoramento genético de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Visando ao aumento de produtividade. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 133p.
- FAJARDO, D.; FERNANDO, A.; GRUM, M.; TOHME, J.; LOBO, M.; ROCA, W.; SÁNCHEZ, I. 1998. Genetic variation analysis of the genus *Passiflora* L. using RAPD markers. Euphytica. 101(3):341-347.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T. 1996. Introducción a la genética cuantitativa. Cuarta edición. 464p.
- FERREIRA, F.R.; VALLINI, P.C.; RUGGIERO, C.; LAM-SANCHEZ, A. 1975. Correlações fenotípicas entre diversas características do fruto do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*). In memorias: Congresso Brasileiro do Fruticultura, III-3., 1975, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p.481-489.
- GANGA, R.M.; RUGGIERO, C.; DE MACEDO, E.L.; GARCIA, V.; MANTOVANI, M.; CHAGAS, E.A.; WICKERT, E. 2004. Diversidade genética em maracujá amarelo utilizando marcadores moleculares fAFLP. Rev. Brás.Frut. 26(3):494-498.
- INGALE, B.V.; PATIL, S.J. 1995. Correlations and path analysis in brinjal. Indian J. Hort. 52(1):55-59.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1985. Zonificación Agroecológica de Colombia. Memoria explicativa. Litografía IGAC. Bogotá, D. E. 57p.
- MELETTI, L.M.M.; BRUCKNER, C.H. 2001. Melhoramento genético. In: C.H. Bruckner, C.H.; Picanço, M.C. (eds). Melhoramento de fruteiras tropicais. Cinco continentes, Porto Alegre, Brazil. p.345-385.
- MELETTI, L.M.M.; DOS SANTOS, R.R.; MINAMIS, K. 2000. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar 'composto' IAC-27. Scientia Agricola. 57(3):491-498.
- NEGREIROS, J.R.; ÁLVARES, V.D.; BRUCKNER, C.H.; MORGADO, M.A.; CRUZ, C.D. 2007. Relação entre características físicas e o rendimento de polpa de maracujá-amarelo. Rev. Bras. Frut. 29(3):546-549.
- PALENCIA, G.; MERCADO, T.; COMBATT, E. 2006. Estudio agroclimático del departamento de Córdoba. Ed. Gráficas del Caribe Ltda. Montería. 126p.
- PIO A.V.; SANTANA, T.N.; GONZAGA, M.; MAGALHÃES, M.; MARTINEZ, J.F.; DO AMARAL, A.T. 2003. Simple and canonic correlation between agronomical and fruit quality traits in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) populations. Crop Breeding and Applied Biotech. 3(2):133-140.
- SCHWENTESIUS, R.R.; GÓMEZ, M.A. 2008. El mercado de maracuyá. Rev. Electrónica Latinoamericana en Desarrollo sustentable. Vol 1: 1-5 Disponible desde Internet en <http://vinculado.org/> (con acceso 15/02/08).
- SPERIZEN, E. 2004. Estudio "Oportunidades de Negocio" Maracuyá. Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales – AGEXPRONT. Guatemala, 20p.

- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. 1992. Genética Biométrica no Fitomelhoramiento. Sociedad Brasileira de Genética. 496p.
- VIANA, P.V.; SANTANA, T.N.; GONZAGA, M.; DE SOUZA, M.G.; MARTINEZ, J.F.; AMARAL, A.T. 2003. Diversidade genética entre genótipos comerciais de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e entre espécies de passiflora nativas determinada por marcadores RAPD. Rev. Brás. Frut. 25(3):489-493.
- VIANA, P.A.; MENEZES, G. 2005. Genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Ed. Gelape Faleiro, F.; Vilela, N.T.; Braga, M.F. Embrapa – Cerrados. p.243-274.
- WRIGHT, S. 1921. Correlations and causation. J. Agr. Res. 20:557-585.
- Recibido: Agosto 20 de 2008
Aceptado: Octubre 3 de 2008

TAMAÑOS DE ALVÉOLO Y DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO EN OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE

ALVEOLUS SIZE AND DIFFERENT WATERING LEVELS IN THE PRODUCTION OF TOMATO SEEDLINGS

Fabián Andrés Wilches-Rojas ¹
Javier Giovanni Álvarez-Herrera ²
Helber Enrique Balaguera-López ³

RESUMEN

En el cultivo de tomate es importante el manejo de agua, de él depende el éxito o fracaso del mismo. El desconocimiento de la cantidad de agua requerida por el cultivo en su etapa de germinación y posterior propagación, así como el tamaño óptimo de alvéolo de la bandeja para un mejor rendimiento, es un hecho en nuestro medio. Consecuentemente, se evaluó el efecto del tamaño de alvéolo y diferentes láminas de riego en cuatro híbridos de tomate larga vida, sembrados en turba como sustrato, utilizando un diseño estadístico en bloques al azar con cuatro repeticiones, que correspondieron a los tamaños de alvéolos y 16 tratamientos que fueron la combinación de los coeficientes o láminas de riego (1,0; 1,4; 1,8; 2,2) y los híbridos (Sheila, Astona, Indaba, Daniela 593), para un total de 64 unidades

experimentales. Los resultados mostraron que el mejor coeficiente (lámina) para la germinación de tomate fue el de 2,2. Los mejores tamaños de bandeja fueron el de 72 y 144 alvéolos. El mejor tratamiento fue el híbrido Daniela 593, con los coeficientes de 2,2; 1,8 o 1,4 sembrado en bandejas de 72 alvéolos, el cual presentó un alto porcentaje de enraizamiento y una mayor respuesta en producción de fitomasa fresca y seca. Adecuados contenidos de humedad debidos a la lámina aplicada y al tamaño de alvéolo optimizan el tiempo medio de germinación (TMG) y la velocidad media de germinación (VMG). El híbrido Sheila presentó el mayor porcentaje de germinación.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill, germinación, híbridos, sustrato, propagación.

SUMMARY

Water management is very important in the tomato culture, the success or failure of the crop depends on it. Unknown facts, under our conditions, are the amount of water required by the plant during germination and subsequent propagation, as well as the optimal tray alveolus size for a better future yield. The effect of the alveolus size and of different water tables in four tomato long life hybrids, planted in peat as substrate was evaluated. A statistical design of random blocks with four repetitions was employed being the variables alveolus sizes and 16 treatments that combined water tables or coefficients of irrigation (1.0; 1.4; 1.8; 2.2) and hybrids (Sheila, Astona, Indaba, Daniela 593) for a total of 64

¹ Ingeniero Agrónomo. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: faandres83@hotmail.com.

² Profesor asistente. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: jagial@mail.com.

³ Ingeniero Agrónomo. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: enrique_balaguera@yahoo.com.

experimental units (UE). The results showed that the best coefficient (water table) for the tomato seed germination was the 2.2. The optimal tray sizes encountered were those having 72 and 144 alveoli. The best performance was obtained with the hybrid Daniela 593 with water coefficients of 2.2; 1.8 or 1.4, planted in trays of 72 alveoli. This hybrid presented a high rooting percentage and an increased response of production of fresh and dry mass. Appropriate moisture content, guaranteed by the water table applied and the alveolus size, optimized the medium germination time (MGT) and the medium germination velocity (MGV). The highest germination percentage was obtained with the hybrid Sheila.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, germination, hybrids, substrate, propagation.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*L. esculentum* Mill) es una planta originaria de Perú, norte de Chile, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres, cultivado desde el nivel del mar hasta los 2000msnm a libre exposición y hasta 2700msnm bajo cubierta. El tomate, se cultivaba, en principio, como planta de adorno, pero a partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano (Mondoñedo, 1984).

Actualmente es la especie hortícola más sembrada en el mundo entero y, en Colombia, la segunda después de la arveja y primera en volumen, consumo y valor de la producción. El área sembrada en el año 2005 fue de 14.659ha y la producción fue de 411.994t (Observatorio de Finanzas Rurales, 2005).

La creciente demanda de plántulas vigorosas con un sistema radicular sin disturbar, la aparición de enfermedades como Damping-off, tizón tardío, virosis, bacteriosis, entre otras y el alto costo de las semillas de tomate mejoradas genéticamente, hacen necesaria la utilización de sistemas de producción de plántulas en bandejas de germinación, donde se utilizan sustratos enriquecidos con fertilizantes (Castilla, 1995).

El tomate presenta tres momentos críticos de necesidad hídrica: emergencia de plántulas, floración y cuando los frutos han alcanzado una quinta parte de su crecimiento (Manjarrez, 1980); sin embargo, las necesidades hídricas en la etapa de germinación no están establecidas, de tal

forma que no se conocen las dosis adecuadas que permitan mayor aprovechamiento del agua, situación que se traduce en un uso inadecuado del recurso hídrico y disminución en el número y calidad de las plántulas de tomate.

La variación en la capacidad de almacenamiento de sustrato y de humedad origina plántulas con distinto vigor, por lo tanto, el uso de bandejas de germinación con diferentes tamaños de alvéolos disminuye la homogeneidad de las plántulas al momento del trasplante (González & Hernández, 2000). Sarmiento *et al.* (2007) evaluaron la siembra en bandejas de diferente número de alvéolos, con semillas previamente sometidas a diferentes tiempos de imbibición y encontraron que la bandeja de 72 alvéolos produjo las plántulas más vigorosas.

El método más utilizado para obtener plantas sanas y vigorosas es a través de la germinación de semillas en bandejas plásticas de confinamiento. Esto permite un ahorro de semilla, mejor planificación de siembras, calidad y uniformidad de plántulas, ahorro de sustrato, facilidad para movilizar las plántulas, fácil remoción y evita la destrucción de la raíz de las plantas al momento del trasplante (Jaramillo *et al.* 2006a).

Fernández-Bravo *et al.* (2006) evaluaron la germinación de tomate Riogrande utilizando diferentes sustratos en bandeja de germinación y encontraron que las semillas respondieron favorablemente al proceso germinativo en el sustrato turba, seguido de mezcla de compost de cachaza de caña de azúcar y aserrín de coco molida en relación 2:1.

González & Hernández (2000) realizaron el estudio de estimación de las necesidades hídricas del tomate a libre exposición, en la zona Henequenera de Yucatán, con cinco tratamientos, que consistieron en la aplicación de diferentes volúmenes de agua. El rendimiento más elevado en las categorías total, comercial y de tercera, se logró con el coeficiente 0,8 con 35,8; 23,9 y 12,5 t.ha⁻¹, respectivamente.

Por las razones expuestas anteriormente, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tamaño de alvéolo de bandejas de germinación y de diferentes láminas de riego en la obtención de plántulas de híbridos de tomate larga vida, para asegurar una mejor calidad del material vegetal en la etapa de vivero y posteriormente en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se realizó en el invernadero de vidrio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en la ciudad de Tunja, a una altitud de 2782msnm y longitud 73° 23' oeste, latitud 5° 32' norte. La temperatura promedio dentro del invernadero fue de 20°C y la humedad relativa (HR) del 65%.

Como material vegetal, se emplearon los híbridos indeterminados de tomate larga vida tipo milano Sheila, Astona, Indaba y Daniela 593, los cuales se seleccionaron y se sembraron en cuatro bandejas de polietileno de 72 (B1), 144 (B2), 128 (B3) y 200 (B4) alvéolos respectivamente (Tabla 1). La lámina de riego suministrada correspondió a cuatro coeficientes de la evaporación (Ev), el sustrato que se utilizó fue Turba rubia Canadiense (TC), la cual esta enriquecida con Ca: 6,24; Mg: 4,3 y K: 3,5cmol·kg de sustrato.

Tabla 1. Características de las bandejas de polietileno utilizadas para la germinación de híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill), bajo diversas láminas de riego, sembrados en diferentes tamaños de alvéolos.

REFERENCIA	CALIBRE	LADO (cm) Alvéolo	LADO (cm) Alvéolo	AREA (m ²) Alvéolo	PROF cm	VOL cc	LADO (m) Bandeja	LADO (m) Bandeja	AREA (m ²) Bandeja
B1=Bandeja X 72	55	3,5	3,5	0,00122	5,8	51	0,55	0,29	0,16
B2=Bandeja X 144	55	3,1	3,1	0,00096	5,9	30	0,55	0,30	0,17
B3=Bandeja X 128	55	3,0	3,0	0,00090	5,0	25	0,55	0,29	0,16
B4=Bandeja X 200	55	2,2	2,2	0,000484	2,5	7.5	0,55	0,29	0,16

Fuente: adaptado de www.elsemillero.net.

El diseño implementado fue de bloques al azar; cuatro bloques correspondientes a los tamaños de alvéolo y 16 tratamientos en un factorial de 4x4, para las láminas de riego y los híbridos, respectivamente, para un total de 64 unidades experimentales (UE). Cada UE estuvo compuesta por tres semillas al momento de la siembra y por una planta después de la emergencia. Para la determinación de la lámina de riego, la evaporación se multiplicó por los coeficientes 1,0; 1,4; 1,8 y 2,2, que fueron factores multiplicadores de un tanque simulador del evaporímetro.

La Ev se midió con un evaporímetro plástico a escala del tanque tipo A con dimensiones de 29cm de diámetro y 6,1cm de profundidad; se instaló dentro del invernadero y se hicieron lecturas diarias. Para el suministro de agua a la planta, se utilizaron jeringas de 5 y 20mL, con el fin de tener una mayor exactitud en las cantidades aplicadas.

Las aplicaciones, se realizaron con base en la siguiente fórmula:

$$\text{Lámina} = \frac{\text{Etp} * \text{C} * \text{A}}{\eta_r}$$

En donde, Etp = evapotranspiración en mm medida en el tanque evaporímetro; C = coeficiente multiplicador; A = área del alvéolo; η_r = eficiencia del riego (0,9).

Las variables de respuesta medidas durante la germinación (Tabla 2) fueron la velocidad de germinación media (VMG), tiempo medio de germinación (TMG) y el porcentaje de germinación (PG), para lo cual se tuvo en cuenta el número de días que necesito cada semilla para iniciar el proceso de germinación.

Tabla 2. Variables de germinación medidas en híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill), con diversas láminas de riego y en diferentes tamaños de alvéolos.

Variable	Ecuación	Unidades
Velocidad media de germinación	$VMG = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$	Semillas germinadas /día
Tiempo medio de germinación	$TMG = \frac{N * (A_1 + A_2 + A_x)}{(A_1 * T_1 + A_2 * T_2 + A_x * T_x)}$	días
Porcentaje de germinación	$PG = \left(\frac{N}{N_s} \right) * 100$	%

ni = Número de semillas germinadas en el i-ésimo día;
 ti = Tiempo en días, para la germinación en el i-ésimo día.
 N=número de semillas germinadas;
 A1, A2,..., Ax: número de semillas germinadas en el día 1, en el día 2, y en el día x;
 T1, T2,..., Tx: número de días entre la siembra y el primer día 1 de germinación, entre el día 2 y entre el día x.

En la etapa de plántula, se midió área foliar, mediante el integrador de área foliar Li-Cor® 3000A (Li-Cor, USA); fitomasa fresca de raíz, tallo y hojas; fitomasa seca de raíz, tallo y hojas después de someter las plantas a 70°C durante 48 h; longitud de raíz principal; diámetro del tallo usando un calibrador de vernier y altura final.

Se realizaron los análisis de varianza (Anova), con el fin de determinar la existencia de diferencias entre tratamientos; así mismo, se usó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de germinación (PG): se presentaron diferencias altamente significativas, lográndose la mayor respuesta, con T2, T5, T7, T8, T9, T10, T13 y T14 frente a la menor obtenida con T11 (Figura 1B). Sin embargo, esta respuesta se debe al efecto de heterosis (Figura 1A), ya que las láminas por sí solas no presentaron diferencias, al igual que los tamaños de alvéolos. No obstante, el PG tuvo una relación directa con el aumento en la lámina aplicada y el tamaño de alvéolo, factor que favorece la obtención de mayor número de plántulas.

Es posible que el híbrido Sheila expresara un mayor PG condicionado genéticamente; junto a esto se observa

que, a medida que se aumenta la lámina y el tamaño de alvéolo se asegura mayor humedad que incrementa el proceso germinativo. Semillas que se hidratan permiten que se active el proceso metabólico relacionado con el proceso pregerminativo y la auto reparación enzimática de las membranas celulares (Burgass & Powell, 1984). De esta manera, se asegura una mayor germinación al disminuir el posible efecto ocasionado por procesos de quiescencia (Khan, 1992).

Por otro lado, Jaramillo *et al.* (2006a) afirman que de acuerdo al material vegetal utilizado varía el porcentaje de germinación, entre un 93 a un 97% en híbridos y de un 85 a un 95% en variedades, en condiciones óptimas.

Tiempo medio de germinación (TMG): entre tratamientos, se presentan diferencias estadísticas: el T4 necesitó menos días para activar la germinación, mientras que la mayor duración en días fue con el T10 (Figura 1C). En semillas de tomate, se encontró la expresión de dos genes relacionados con el crecimiento de la radícula y degradación metabólica del endospermo (Chen & Bradford, 2000), proceso regido por las giberelinas, cuya síntesis y acumulación depende de la presencia de agua en la semilla (Talón, 1993), por tanto, un contenido adecuado de humedad en la semilla garantiza que el proceso germinativo se lleve a cabo en menor tiempo y esto, a su vez, le permite al productor

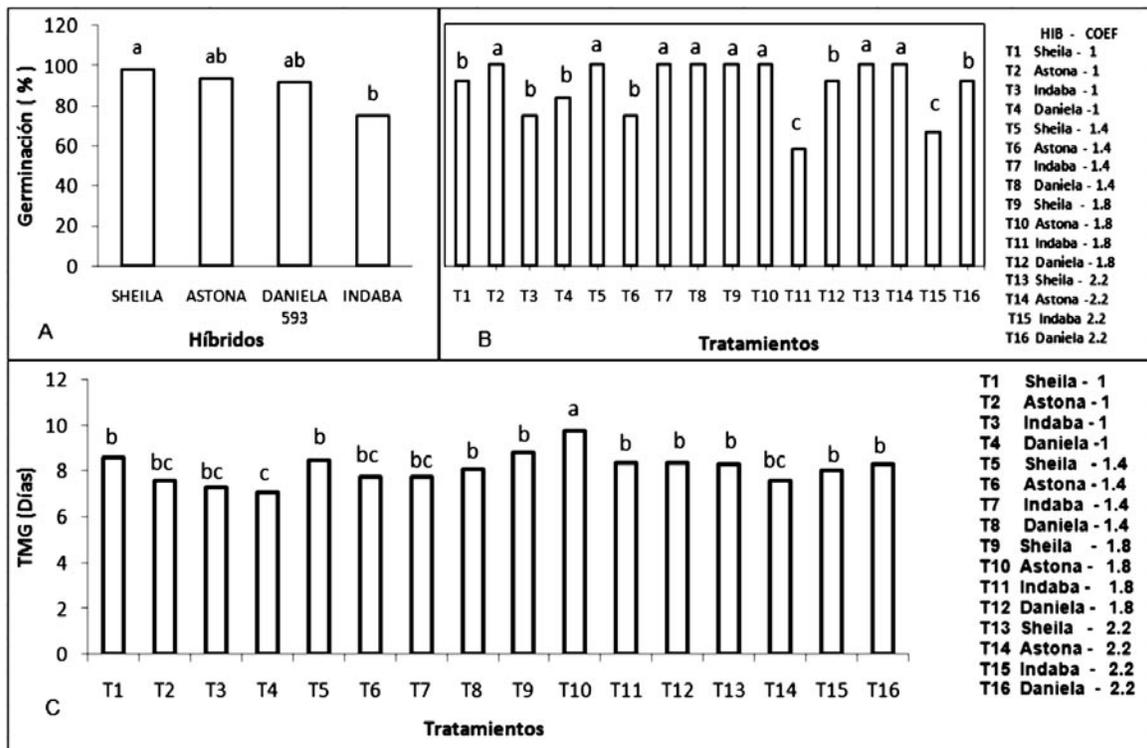


Figura 1. Porcentaje de germinación y tiempo medio de germinación de híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill) con diferentes láminas de riego, sembrados en diversos tamaños de alvéolos.

disminuir el tiempo en la etapa de propagación y ser mas eficiente en la obtención de plántulas.

El TMG no presentó diferencias significativas respecto a los híbridos, lo que obedece a que el TMG no se vio afectado por las características genéticas de cada cultivar. Los tamaños de alvéolo de B1, B2 y B3 mostraron diferencias altamente significativas respecto a B4 pero no entre sí (Figura 2A). De acuerdo a lo anterior, estos tamaños de alvéolo representan mayor área y volumen en comparación con B4 permitiendo mayor cantidad de sustrato y, consecuentemente, mayor retención de humedad y cantidad de nutrientes, lo que proporciona condiciones favorables para la germinación.

Al evaluar las láminas de riego, se encontraron diferencias significativas entre la lámina 1,0 y las láminas 1,4 y 2,2; éstas, a su vez, mostraron diferencias significativas con la lámina 1,8 (Figura 2B).

Para la germinación de las semillas de tomate es suficiente mantener el sustrato con niveles adecuados

de humedad. La entrada de agua en el interior de la semilla, se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre ésta y el medio que le rodea. En condiciones normales, el potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal, siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico, es decir, cuando se suplen sus necesidades de agua. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Pérez-García & Martínez-Laborde, 1994). La semilla de tomate se tarda entre 4 y 7 días para germinar en condiciones óptimas (Jaramillo *et al.* 2006b).

Velocidad media de germinación (VMG): mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero se le atribuyen a la lámina de riego y no a los híbridos, debido a que éstos no presentaron diferencias estadísticas. La lámina de 1,0 tuvo la mayor respuesta frente a la lámina de 1,8 (Figura 2D). El T4, correspondiente al

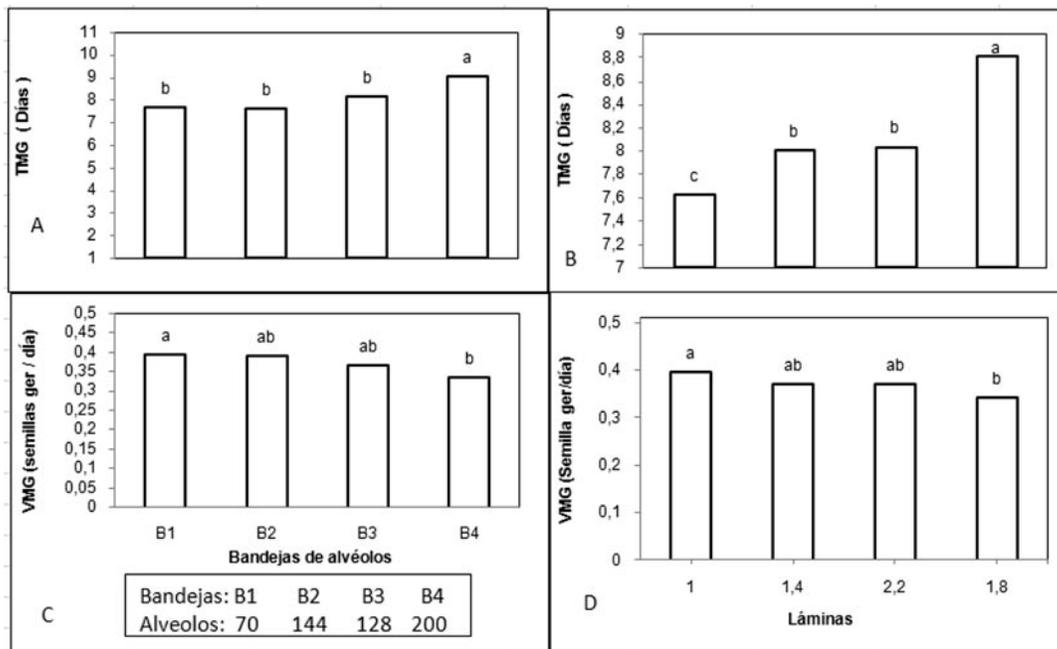


Figura 2. Velocidad media y tiempo medio de germinación en híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill), con diferentes láminas de riego, sembrados en diversos tamaños de alvéolos.

híbrido Daniela 593 con la lámina 1,0 obtuvo la mayor VMG, con 0,41 semillas germinadas/día, seguido de T3 y T2, los cuales mostraron diferencias significativas con los demás tratamientos. El menor número de semillas germinadas/día, se logró con el T10 (0,3).

Para los tamaños de alvéolo, se encontró que B1 indujo mayor VMG con diferencias significativas respecto a B4 (Figura 2C). La mayor humedad acumulada por el mayor volumen de sustrato permite que un más alto número de semillas alcance rápidamente el mismo nivel de humedad y active el proceso pregerminativo y la auto reparación enzimática de las membranas celulares (Burgass & Powell, 1984), de esta manera, se logra un aumento en la velocidad de germinación, uniformidad en la emergencia, mayor tolerancia a diferentes tipos de estrés, y reducción de la dormancia en muchas especies (Khan, 1992), es decir, se incrementa la capacidad de competencia del vegetal al momento del trasplante (Arjona *et al.* 1998) y, de ésta manera, el agricultor requiere de menos fertilizantes y plaguicidas en la etapa de postrasplante.

Diámetro del tallo: Los híbridos de tomate no presentaron diferencias en el diámetro de tallos; sin

embargo, el tratamiento que mejor se comportó fue T14 con 1,92mm, correspondiente al híbrido Astota, con lámina de 2,2. Los tamaños de alvéolo en esta variable mostraron diferencias altamente significativas. La bandeja con mejor respuesta fue B1 (Figura 3A). Los resultados demuestran que las bandejas con alvéolos de mayor área, profundidad y volumen brindan mejores condiciones a las plántulas de tomate viéndose reflejado en el diámetro del tallo.

Según Jaramillo *et al.* (2006b), las bandejas de menores áreas y volúmenes tienen más pequeño el cierre del dosel, lo cual produce tallos quebradizos y más delgados, causados por elongaciones anormales, debidas a competencia intraespecífica.

El diámetro del tallo viene determinado por las alteraciones que se producen en la orientación de los microtúbulos y, por tanto, en la ordenación espacial de las microfibrillas de celulosa en la pared celular, que bajo su efecto conduce a un cambio conformacional en la estructura de las láminas celulósicas por orientación de las microfibrillas en forma longitudinal, contribuyendo así al crecimiento radial de las células (Grichko & Glick, 2001). Los elevados niveles de etileno en las plantas, se han correlacionado

con cambios fisiológicos, dentro de los cuales se incluye el incremento del diámetro de los tallos (Marassi, 2004), fenómeno que está relacionado con la elevación del ritmo de división y subsiguiente expansión celular en los meristemas caulinares (Bleecker & Kende, 2000).

Longitud raíz principal: La longitud radicular no se afecta significativamente por las láminas de riego ni por los diferentes híbridos; no obstante, T15, con híbrido Indaba y coeficiente 2,2 mostró la mayor longitud de raíz principal con 11,97cm. Esto obedece, en gran parte, al poco tiempo que tienen las plántulas para expresar el efecto de los tratamientos. B1 mostró plántulas con mayor longitud de raíz principal, seguido de B2, las cuales presentaron diferencias significativas frente a B3, y ésta mostró diferencias significativas con B4 que tuvo un menor promedio (Figura 3B).

Rodríguez *et al.* (2007) encontraron que en plántulas de tomate de híbrido Daniela sometidas en pretrasplante a diferentes láminas de riego, la longitud de raíz presentó el mayor valor con la lámina de 1,6 y la menor respuesta se indujo con la lámina de 0,2. Deaquiz *et al.* (2007) utilizaron diferentes láminas de riego (1; 1,2; 1,4; y 1,6 de la

evaporación) en la obtención de plántulas de tomate, aunque no encontraron diferencias significativas en la longitud de raíz principal, la mayor respuesta se debió a la lámina de 1,4.

Para hortalizas de porte alto, como el tomate, se utilizan bandejas con alvéolos de mayor capacidad, lo que permite que las plántulas posean raíces que exploren una mayor cantidad de sustrato, esto incrementa la absorción de agua situación que permite un crecimiento más eficiente de la plántula en el interior del alvéolo (Jaramillo *et al.* 2006b) y en el sitio definitivo en campo.

Altura: al inicio de la germinación el embrión, se desarrolla para formar una plántula iniciando la fase juvenil, donde predomina el crecimiento vegetativo, principalmente en las puntas de la raíz y el tallo (Hudson *et al.* 1989). La altura no presentó diferencias significativas entre las bandejas de alvéolos B2, B1, pero sí entre éstas y B3, y todas las anteriores con B4, la cual presentó la menor respuesta (Figura 3C).

Los resultados indican que las mayores alturas se presentaron en bandejas con volumen alveolar más grande, esto se debe a que las plántulas tienen más

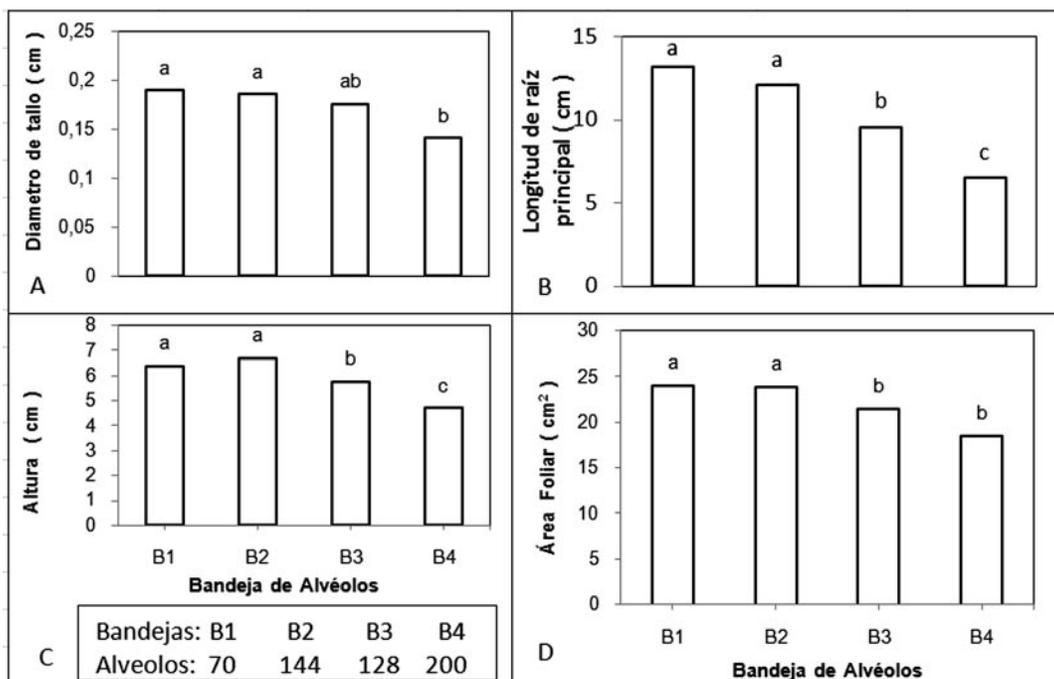


Figura 3. Diámetro de tallo, longitud de raíz principal, altura y área foliar en híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill), con diferentes láminas de riego, sembrados en diversos tamaños de alvéolos.

espacio para desarrollar su sistema radicular. Al encontrarse mayor área y profundidad de la rizosfera, se tiene mayor oportunidad de absorción de nutrientes y agua, debido a la mayor cantidad de sustrato. Acorde a lo reportado por Sarmiento *et al.* (2007) quienes encontraron plantas de mayor vigor sembradas en bandejas de confinamiento de 72 alvéolos. El crecimiento en altura es dependiente del aporte de agua, nutrientes, energía, espacio y aire que un medio pueda aportar. Al ser el tallo la estructura de soporte de órganos (Scagel, 1987) requiere de condiciones tanto en el suelo como climáticas que le permitan cumplir esa función.

Área foliar: los híbridos y las láminas no indujeron diferencias estadísticas; se encontró que B1 presentó la mayor área foliar, seguida de B2, los cuales presentaron diferencias significativas con B3 y B4, respectivamente (Figura 3D). La actividad fotosintética laminar y el crecimiento están estrechamente relacionados, ya que según lo reportado por Fogg (1967), la cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie de la hoja, de los órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de área de estos tejidos y de la duración de este proceso. Al mismo tiempo, el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final (Barraza *et al.* 2004).

Barraza *et al.* (2004) encontraron que plantas de tomate sembradas a diferentes densidades mostraron un aumento en el área foliar con el aumento en la densidad; el comportamiento de la materia seca a incrementos de densidad de población depende en gran medida del área foliar y, a su vez, según Jarma *et al.* (1999), las plantas con mayor área foliar fotosintéticamente activa y ambiente favorable son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente.

Fitomasa fresca y seca de raíz, tallo y hojas: la variable fitomasa fresca presentó diferencias a nivel de raíz, tallo, hojas y total. El tratamiento con la mayor respuesta fue el T14, excepto para peso total (T16); en todos los casos la menor Fitomasa fresca fue obtenida con el T1 (Figura 4B).

El tamaño de alvéolo presentó diferencias estadísticas en todos los casos; B1 mostró el mejor comportamiento con diferencias significativas respecto a las demás

bandejas y B4 arrojó los valores menos favorables (Figura 4A). La fitomasa seca total no tuvo diferencias significativas entre tratamientos, pero sí se presentaron en raíz tallo y hojas. T8 manifestó el mayor peso seco en raíz y tallo, mientras que para hojas fue T16. Para peso seco total y de hojas T1 tuvo los valores más bajos, respecto a tallos y raíz, el menor peso se logró con T5 y T10, respectivamente (Figura 4B). En cuanto a tamaño de alvéolo, se observó claramente que aumentó el peso seco al aumentar el tamaño de alvéolo, con diferencias significativas (Figura 4A).

Las bandejas con mayor área alveolar presentaron una mayor masa fresca, debido a que estas bandejas garantizan un buen anclaje radicular que permite mayor vigor de plántulas y, consecuentemente, mayor acumulación de osmolitos, que garantizan un mejor crecimiento y, por lo tanto, mayor producción de fotoasimilados y de fitomasa fresca (Salisbury & Ross, 1994).

Los resultados anteriores demuestran que la cantidad de agua influye directamente en el peso seco de las hojas, de igual forma un mayor peso seco genera un mayor potencial hídrico, lo que implica que el agua dentro de los tejidos estará retenida en mayor cantidad y con mayor fuerza (Azcón-Bieto & Talon, 1993)

Según Hunt (1982), un mayor aprovechamiento de la radiación solar por parte del follaje se manifiesta en un mayor crecimiento general de las plantas, mayor acumulación de materia seca y mayor rendimiento total.

El peso fresco depende considerablemente de la lámina aplicada y es muy sensible a bajos contenidos de humedad en el suelo. Láminas de 0,2 evaluadas por Rodríguez *et al.* (2007) mostraron la menor respuesta en el peso fresco de plántulas de tomate e igualmente en el peso seco, mientras que la lámina de 1,6 indujo el mayor peso fresco a nivel de raíz.

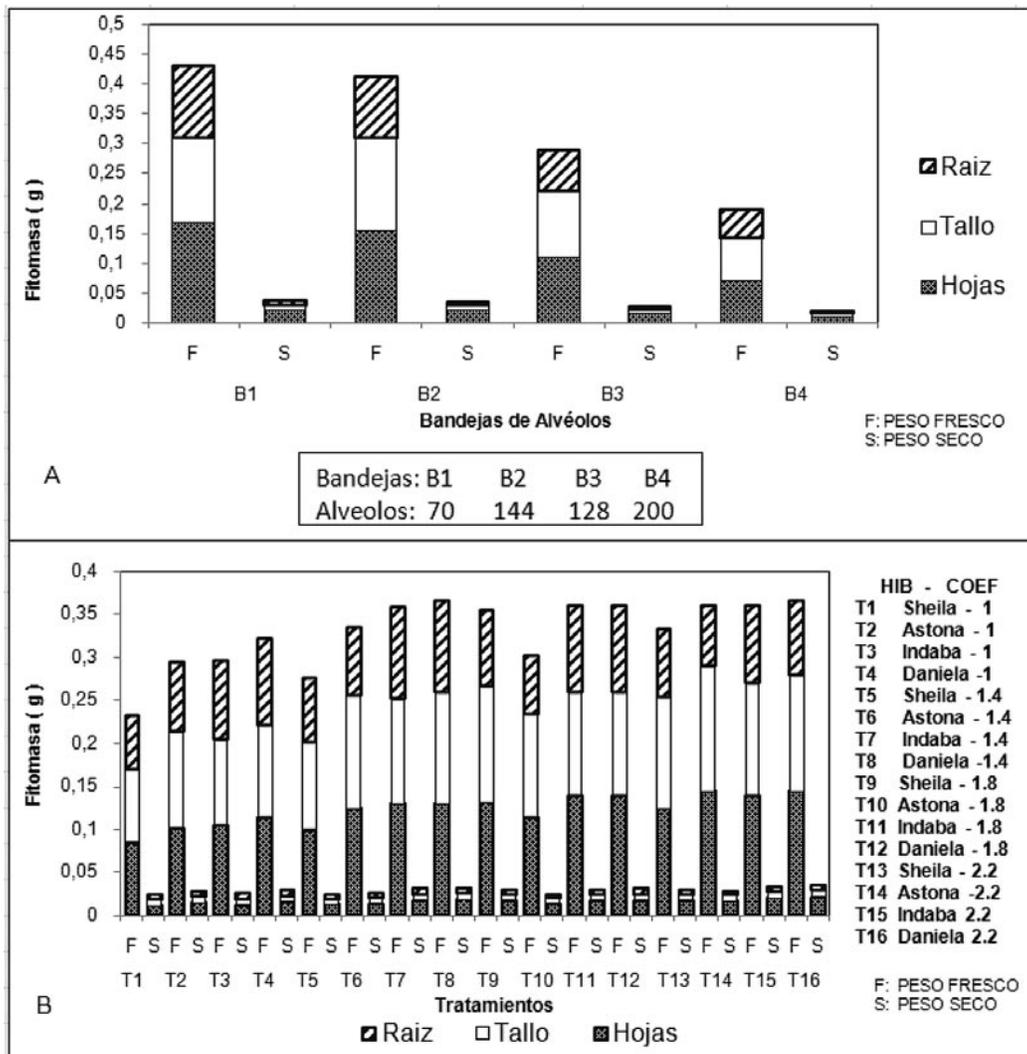


Figura 4. Fitomasa fresca y seca de tallo, hojas, raíz y total de híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill), con diferentes láminas de riego, sembrados en diversos tamaños de alvéolos.

CONCLUSIONES

Los procesos de germinación, aunque están determinados genéticamente, son más eficientes con buenos contenidos de humedad, los cuales están dados por mayores láminas de riego y alvéolos con mayor capacidad de almacenamiento de sustrato.

Las plántulas de tomate de mayor altura y área foliar, se obtuvieron con bandejas de germinación 144 alvéolos, mientras que el mayor peso fresco y seco se logró con bandejas de de 72 alvéolos y en todos los casos con un coeficiente multiplicador de la evaporación de 2.2.

BIBLIOGRAFÍA

ARJONA, H.; GUERRERO, A.; PRIETO, C. 1998. Estudios de osmoiniciación de semillas de cebolla de bulbo *Allium cepa* L. *Agronomía Colombiana* 15(2):143-152.

AZCÓN-BIETO, J.; TALON, M. 1993. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. McGraw Hill/Interamericana, Barcelona. 759p.

BARRAZA, F.V.; FISCHER, G.; CARDONA C., E. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo

- del tomate (*L. esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 22(1):81-90.
- BLEECKER, A.B.; KENDE, H. 2000. Ethylene: A gaseous signal molecular in plant. *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.* 16:1-18.
- BURGAS, R.; POWELL, A. 1984. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. *Ann. Bot.* 53:753-757.
- CASTILLA, P.N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: Nuez V, F.; Rodríguez del Rincón, A.; Tello, J.; Cuartero, J.; Segura, B. eds. *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. p.189-226.
- CHEN, F.; BRADFORD, K.J. 2000. Expansins as agents in hormone action. En: Davies, P. (Ed.). *Plant hormones*. Ed. Kluner Academis Publishers. (EEUU). p.262-281.
- DEAQUIZ, Y.; ÁLVAREZ-HERRERA, J.; FRAILE, A.L. 2007. Efecto de diferentes láminas de riego y sustratos en la propagación de híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill). En: Fischer, G.; Magnitskiy, S.; Flórez, L.; Miranda, D.; Medina, A. (Eds). *Memorias II Congreso Colombiano de Horticultura*. Ed. Produmedios. Bogotá. p.178.
- EL SEMILLERO. Disponible en: <http://www.elsemillero.net./Insumos/bandejas.htm>. [Julio 25, 2007].
- FERNÁNDEZ-BRAVO, C.; URDANETA, N.; SILVA, W.; POLISZUK, H.; MARÍN, M. 2006. Germinación de semillas de tomate (*L. esculentum* Mill.) cv Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Rev. Fac. Agron. (Venezuela)* 23(2):188-196.
- FOGG, G.E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 327p.
- GONZÁLEZ M., A.; HERNÁNDEZ L., B.A. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. *TERRA Latinoamericana*. 18(1):45-50.
- GRICHKO, V.P.; GLICK, B.R. 2001. Ethylene and flooding stress in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 39:1-9.
- HUDSON, T.; HARTMANN, D.; KESTE, E. 1989. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 3ª ed. Comp. Ed. Continental S.A. México, 758p.
- HUNT, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers Ltd., Londres. 67p.
- JARAMILLO, J.; RODRÍGUEZ, V.; GUZMÁN, M.; ZAPATA, M. 2006a. El cultivo de tomate bajo invernadero. CORPOICA C. I. La Selva y MINAGRICULTURA. Colombia. Boletín Técnico No. 21. 48p.
- JARAMILLO, J.; DÍAZ, C.A.; SÁNCHEZ, L., G.D.; TAMAYO, M., P.J. 2006b. Manejo de semilleros de hortalizas. CORPOICA C. I. La Selva y MINAGRICULTURA. Colombia. Boletín Técnico No. 8. 52p.
- JARMA, A.; BUITRAGO, C; GUTIÉRREZ, S. 1999. Respuesta del crecimiento de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. BlueLake) a tres niveles de radiación incidente. *COMALFI* 26(1-3):62-73.
- KHAN, A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews* 14:131-181.
- MANJARREZ, J.R.S. 1980. Riegos. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. CEVAS-CIAPAN-SARH. 225p.
- MARASSI, M. A. 2004. Hormonas vegetales. Hipertextos de área de Biología. Argentina. Disponible desde Internet en: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/plan-tas/hormonas.htm>. (Con acceso 28/07/07).
- MONDOÑEDO, J.R. 1984. Manuales para educación agropecuaria. Tomates. Ed. Trillas. México 4ª ed. 141p.
- OBSERVATORIO DE FINANZAS RURALES. Tomate. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/excepciones/cargaNet/netcarga16.aspx?cod=16&reporte=Producci%u00f3n+na-cional+por+producto&file=2007816102236_20058417048_agronetevaarearendimientoypro

- duccionpor producto poragno.rpt&código= 16&excepcion= 1&fechal=2005 &producto=Tomate&Fecha F=2005. (con acceso 28/07/07).
- PÉREZ-GARCÍA, F.; MARTÍNEZ-LABORDE, J.B. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. (Madrid). 218p.
- RODRÍGUEZ, J., D.; BALAGUERA, H.E.; ÁLVAREZ-HERRERA, J. 2007. Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate. En: Fischer, G.; Magnitskiy, S.; Flórez, L.; Miranda, D.; Medina, A. (Eds). Memorias II Congreso Colombiano de Horticultura. Ed. Produmedios. Bogotá. p.177.
- SARMIENTO, G.; DEQUIZ, Y.; ÁLVAREZ-HERRERA, J. 2007. Tamaños de alvéolo e imbibición en agua en la germinación de semillas de tomate. En: Fischer, G.; Magnitskiy, S.; Flórez, L.; Miranda, D.; Medina, A. (Eds). Memorias II Congreso Colombiano de Horticultura. Ed. Produmedios. Bogotá. p.180.
- SCAGEL, R.F. 1987. El reino vegetal. Amplio compendio de Botánica con numerosas referencias a la reproducción vegetal. Barcelona. Ed. Omega, S.A., 2ª ed. 778p.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759p.
- TALON, M. 1993. Giberelinas. En: Azcón-Bieto, J.; Talon, M. (eds). Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw Hill/Interamericana, Barcelona. p.301-318.

Recibido: Noviembre 26 de 2007

Aceptado: Julio 16 de 2008

EFFECTO DEL CALCIO Y LÁMINAS DE RIEGO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL REPOLLO (*Brassica oleracea* L.)

EFFECT OF CALCIUM AND WATER TABLE ON CABBAGE (*Brassica oleracea* L.) YIELD AND QUALITY

Jorge Alberto Amador-Martínez ¹
Javier Giovanni Álvarez-Herrera ²
Helber Enrique Balaguera-López ³

RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto del calcio y diferentes láminas de riego en plantas de repollo (*Brassica oleracea*), se sometieron 80 plantas a un diseño completamente al azar, factorial de 3x3, donde el primer factor correspondió a tres niveles de calcio (80, 120 y 160kg·ha⁻¹ de Ca) y el segundo a láminas de riego determinadas por coeficientes (0,8; 1 y 1,2 de la evaporación medida en un evaporímetro construido), más un testigo con una lámina de uno y sin aplicación de calcio, para un total de diez tratamientos. El experimento tuvo una duración de 130 días en invernadero y diez días en laboratorio, para evaluar el comportamiento en poscosecha. Los tratamientos indujeron diferencias significativas para la altura, el área foliar, el peso fresco de hojas, tallo y cabeza, el peso seco de raíz y cabeza, el pH y la pérdida

de peso fresco y, altamente significativas para los sólidos solubles totales y el análisis económico. Con la aplicación de la lámina de 0,8 y 160kg·ha⁻¹ de Ca, se obtuvo mayor peso fresco de cabeza y mayor cantidad de fitomasa fresca por cada peso invertido (33,76g·\$), por tanto, éste tratamiento es recomendable para ser implementado por los productores de repollo. El suministro de lámina de 1 y 160kg·ha⁻¹ de Ca permitió conservar el repollo en mejores condiciones durante la poscosecha.

Palabras clave: Fitomasa, poscosecha, grados brix, evaporación, hortaliza.

SUMMARY

With the purpose of determining the effect of calcium and different water tables in cabbage (*Brassica oleracea*) 80 plants were put under a completely randomized design, factorial of 3x3, where the first factor corresponded to three calcium levels (80, 120 and 160kg·ha⁻¹) and the second one to three water tables, determined by using three evaporation coefficients (0.8; 1 and 1.2 of evaporation, measured with an evaporimeter) and a treatment with a water table of 1, without calcium application, for a total of ten treatments. The research was carried out during 130 days in a greenhouse and during ten days under laboratory conditions, to evaluate the post-harvest behavior. The treatments induced significant differences for height, leaf area, fresh weight of leaves, stem and head, dry weight of roots and head, pH and loss of fresh weight; and highly significant differences in total soluble solids and within the economic analysis.

¹ Ingeniero Agrónomo. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: joamar07@hotmail.com.

² Profesor asistente. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: jgalvarezh@gmail.com.

³ Ingeniero Agrónomo. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: enrique_balaguera@yahoo.com.

With the application of a water table of 0.8 and $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of Ca the greatest fresh weight of heads was obtained and a higher fresh phytomass for each inverted peso ($33.76\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Therefore, this treatment is recommended to be implemented by cabbage producers. The water table of 1 and $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of Ca, allowed conserving cabbage in better conditions during post-harvest.

Key words: Phytomass, post-harvest, Brix degree, evaporation, vegetables.

INTRODUCCIÓN

El repollo ocupa un lugar importante dentro de las hortalizas, tanto para el consumo en fresco como para la agroindustria. Se desarrolla entre los 1.600 y 2.500msnm y a temperaturas de 15 a 20°C (Girard & Osorio, 1980).

El desarrollo de la agricultura en el mundo es altamente dependiente del riego y esta dependencia, en conjunto con un recurso hídrico escaso crea la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías basadas en una mejora creciente de la eficiencia del uso del agua. Es importante conocer las necesidades de agua de los cultivos, pues esto ayudará a mantener su rendimiento, acorde con los beneficios que se esperan (Grassi, 1987).

Para una cosecha de repollo de $35\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, se requieren $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, $45\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , $100\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y $6\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MgO (Guerrero, 1998). Es una planta con problemas en su producción y calidad, debido a la presencia de desórdenes fisiológicos, los cuales, han sido asociados con nutrición mineral y en condiciones climáticas (Maroto, 1989).

Respecto a la aplicación de los niveles óptimos de calcio para la producción y calidad del repollo y la cantidad de agua que debe ser aplicada para un mayor rendimiento existen pocos estudios conocidos. Esto implica seguir produciendo de manera tradicional y refleja una serie de falencias en el sistema productivo, que dificulta ser competitivo frente al mercado.

La aplicación de calcio en la producción de repollo es indispensable. Este elemento asegura procesos, tales como la síntesis de paredes celulares, en la lámina media, donde forma pectato de calcio, que confiere estabilidad y mantiene la integridad de éstas (Gordillo *et al.* 2004).

El calcio actúa también en el huso acromático durante la división celular, el cual, se requiere para el normal funcionamiento de las membranas celulares y ha sido implicado como mensajero secundario en respuesta a condiciones ambientales y señales hormonales (Sanders *et al.* 1999). Puede formar complejos con la calmodulina para regular procesos metabólicos. Su deficiencia, se asocia con anomalías en el crecimiento, que pueden causar la muerte prematura de regiones meristemáticas (Taiz & Zeiger, 1998).

Marschner (2002) afirma que las aplicaciones de calcio estabilizan las paredes celulares y regulan la permeabilidad de la membrana. Consecuentemente, es claro que la deficiencia de calcio favorece los procesos de senescencia, que se expresan como pérdida de clorofila y proteínas, incrementando así la degradación de las membranas y la disolución de la lámina media (Starskey & Pedersen, 1997), por la cual, el suministro correcto del calcio puede alargar la vida útil del repollo.

Según Rodríguez-Pérez (2006), el agua actúa como constituyente del protoplasma, asociada en la hidratación de iones, disolviendo sustancias orgánicas y macromoléculas, llenando espacios entre estructuras finas del protoplasma y la pared celular, almacenada en las vacuolas y como agua intersticial, que actúa como medio transportador en los espacios intercelulares y en los tejidos de conducción del xilema y el floema (Larcher, 2003; Zyalalov, 2004). El calcio, se puede unir a las moléculas de agua gracias a la alta densidad de carga neta que presenta en su superficie; esto le permite ser absorbido por la planta como ión hidratado, aunque el transporte a las hojas sea dependiente del proceso de transpiración (Salisbury & Ross, 1994). El 27% de este elemento en el apoplasto, se encuentra unido al agua soluble (Marschner, 2002). En gran medida, la osmorregulación de la célula, se debe a que el calcio se acumula en la vacuola en forma de oxalatos de calcio, lo cual, contribuye a mantener en equilibrio el potencial electroquímico del citoplasma (Kordyum, 2003).

Por consiguiente, se evaluó el efecto de diferentes niveles de calcio y de láminas de riego en la producción y la calidad del repollo, para lograr mayores rendimientos, una alta rentabilidad y una optimización en el manejo del agua, el calcio y otros nutrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se realizó en el invernadero de vidrio y el laboratorio de fisiología vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la ciudad de Tunja, a 2782msnm, con coordenadas: longitud 73° 23' Oeste, latitud 5° 32' Norte. La temperatura promedio dentro del invernadero fue de 17°C y la humedad relativa del 65%.

Como material vegetal, se emplearon plántulas de repollo híbrido Glove Master de 10cm de altura (20 días de germinadas), las cuales, se sembraron en dos camas de 3,3m de largo y 0,9m de ancho, a una distancia de 0,45m entre surcos y 0,4m entre plántulas. El suelo utilizado presentó una concentración de calcio de 7,67cmol·kg⁻¹ de suelo y un contenido de materia orgánica de 3,17%. Para medir la evaporación, se utilizó un tanque plástico a escala del tanque tipo A, con un diámetro de 29cm y 6,1cm de altura, el cual, se instaló dentro del invernadero. Los fertilizantes utilizados fueron nitrato de calcio (15% N, 26 % Ca) y urea (46% N).

El diseño experimental fue completamente al azar, con un factorial de 3x3, donde el primer factor correspondió a los niveles de calcio (80, 120 y 160 kg·ha⁻¹) y el segundo a las láminas de riego (0,8; 1 y 1,2 de la evaporación medida en el evaporímetro), más un testigo con una lámina de uno y sin aplicación de calcio, para un total de diez tratamientos, con ocho repeticiones y, consecuentemente, 80 unidades experimentales (UE). Cada UE estuvo compuesta por una planta de repollo. En el primer riego, se llevó el suelo a capacidad de campo y se instaló el evaporímetro, para que tres días después y con esta misma frecuencia, se llevara a cabo la aplicación de las láminas durante todo el ciclo del cultivo (130 días), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Lámina} = \frac{\text{Etp} * \text{C} * \text{A}}{\eta_r}$$

En donde, Etp = evapotranspiración en mm medida en el tanque evaporímetro; C = coeficiente multiplicador de la evaporación medida en el tanque evaporímetro; A = área de sombrero de la planta; η_r = eficiencia del riego (0,9). El calcio, se fraccionó en dos aplicaciones: la primera, tres semanas después del trasplante (sdt)

y, la segunda, ocho sdt. Se aplicó urea, para llevar a un mismo nivel las dosis de nitrógeno aplicadas con el nitrato de calcio.

Las variables medidas fueron: área foliar, mediante el analizador Li-Cor® 3000A; fitomasa fresca y seca de raíz, tallo, cabeza y hojas; curva de crecimiento, tomando alturas semanalmente y análisis de costos, calculado con base en la relación fitomasa fresca de la cabeza / costo de tratamiento.

En poscosecha, a cuatro repollos por tratamiento, se les extrajo 5mL de jugo cada cinco días, con el fin de determinar del pH con un potenciómetro digital (Metrohm 692) y los sólidos solubles totales (SST), mediante un refractómetro marca Atago N-1EBX. A los restantes cuatro repollos, se les midió el peso fresco cada dos días, para determinar la pérdida de peso (%).

Se realizó un análisis de varianza (Anova) y se utilizó la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%, en el programa SAS v. 8.1e (Cary, N.C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas: Se presentaron diferencias altamente significativas hasta la semana siete y significativas en la semana ocho. La mayor respuesta en altura a lo largo de la investigación, se obtuvo con la lámina de 1,2 y 120kg·ha⁻¹ de Ca, frente a la lámina de 1 y 80kg·ha⁻¹ de Ca, que originó plantas con menor altura. Después de la semana ocho, se formó la cabeza y el crecimiento en altura se detuvo (Figura 1A).

En las primeras tres sdt la altura de las plantas para todos los tratamientos aumentó lentamente, debido al proceso de división celular más que al de elongación. Castellano *et al.* (2006) afirman que el Ca participa como activador de enzimas y estimula el desarrollo de raíces, hojas y la absorción de nitratos (Rodríguez, 1992). Luego, se presentó un crecimiento acelerado que coincidió con la primera aplicación del Ca, crecimiento que se da principalmente por elongación de la células. En repollo esta elongación se presentó posiblemente, porque las auxinas liberan el calcio que está unido a las pectinas del apoplasto, de tal manera, que el calcio libre activa los canales en la membrana permitiendo la entrada de solutos y el aumento de la extensión celular (Sanders *et al.* 1999).

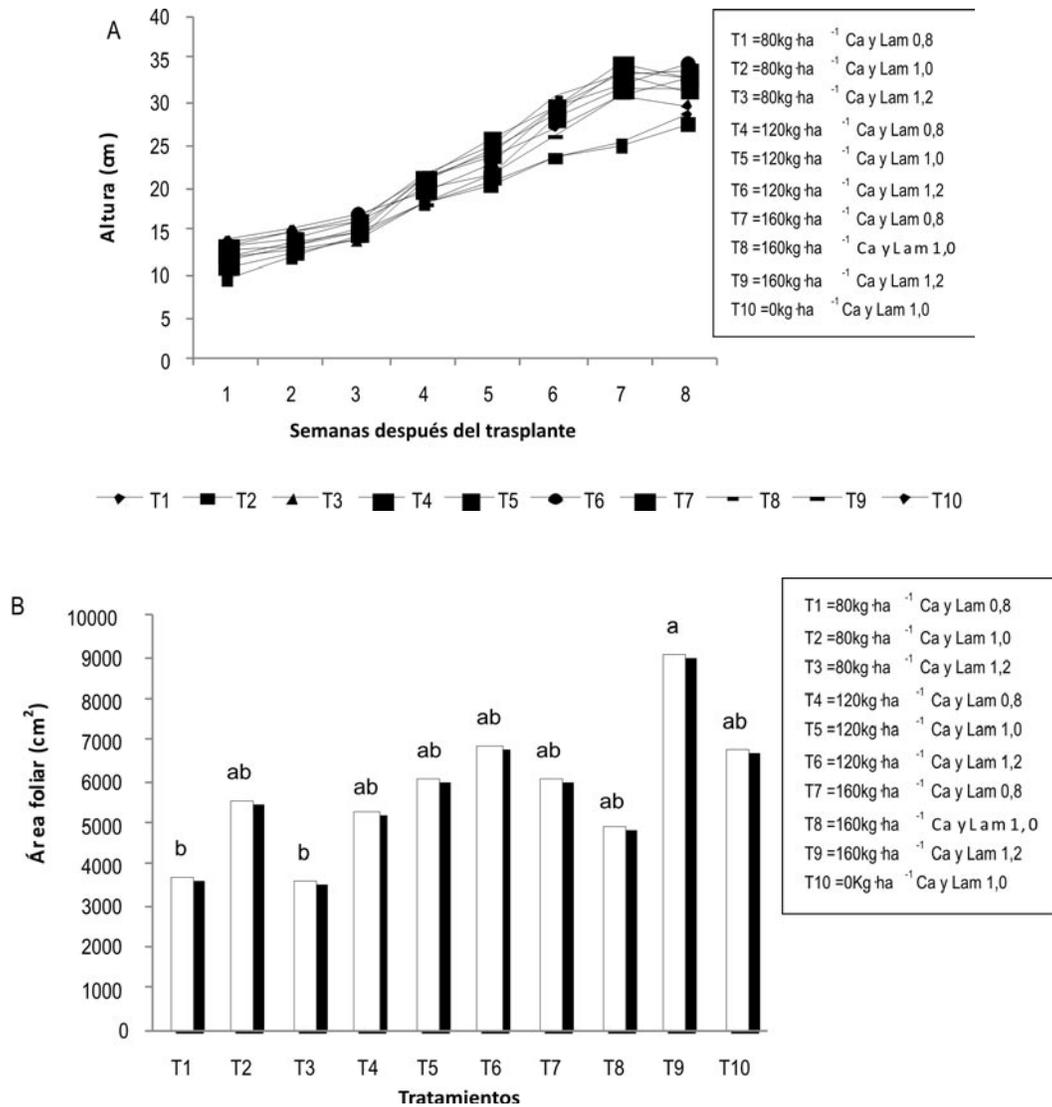


Figura 1. A. Altura B. Área foliar en plantas de repollo bajo diferentes niveles de Ca y láminas de riego. Tratamientos con letras iguales no presentan diferencias estadísticas, según la prueba de Tukey (0,05%).

En la semana ocho, la altura se detuvo hasta la cosecha, ya que en este momento, se inició la formación de cabeza. Una mayor altura correspondió a superiores niveles de calcio. Comportamiento similar, se observó en la leguminosa forrajera *Cratylia argentea*, en donde la altura fue favorecida, significativamente, con la aplicación de 500kg·ha⁻¹ de Ca, respecto a dosis menores (Navarro *et al.* 2002).

Área Foliar: Hubo diferencias significativas. El suministro de la lámina de 1,2 y 160kg·ha⁻¹ de Ca generaron la mayor área foliar y la menor respuesta, se presentó

con la lámina de 1,2 y 80kg·ha⁻¹ de Ca (Figura 1B). Franco (1989) reporta que la glicina es un metabolito fundamental utilizado para la formación de las hojas, siendo el primer eslabón de la ruta biosintética de la clorofila, permitiendo una mayor eficiencia fotosintética y, por tanto, una mayor expresión del área foliar. Este proceso en repollo se vio favorecido más por las dosis de calcio que por las láminas de riego que se aplicaron.

Fitomasa fresca de hojas, tallo, raíz y cabeza: En la masa fresca de hojas no se presentaron diferencias estadísticas. Fueron significativas para tallos y cabeza

y altamente significativas en raíz. $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 1,2 generaron mayor masa fresca de hojas (891,6g), la menor respuesta se obtuvo con $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 1,2 (545,7g). Las mayores dosis de agua y de calcio presentaron un mayor peso fresco de hojas. Esto, debido a que el proceso de transpiración y contenidos altos de agua en el suelo favorecen el flujo de masa y, a su vez, la movilidad de Ca (Anzorena, 1994). Así mismo, Sam (2000) afirma que a mayor cantidad de Ca, la fotosíntesis aumenta y la planta absorbe cantidades mayores de dióxido de carbono del aire, lo que genera un aumento en los componentes orgánicos básicos.

La lámina de 0,8 y $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca produjo tallos más pesados frente a los más livianos obtenidos con la lámina de 1,2 y $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca (Figura 2). Con dosis altas de Ca, las cantidades de este elemento que no logran

entrar al citosol quedan en la pared celular, situación que genera células más pesadas (Taiz & Zeiger, 1998; Marschner, 2002); esto, probablemente es lo que ocurre en los tallos del repollo.

El suministro de $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 0,8 presentó la mayor respuesta en masa fresca de raíz, frente a la aplicación de $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 1,0 que mostró menor (Figura 2), situación, posiblemente, porque la raíz con un suministro adecuado de agua y de nutrientes encuentra condiciones óptimas de desarrollo que no le exigen un mayor crecimiento para la toma de los mismos. Del mismo modo, la cabeza del repollo al ser un órgano vertedero, en la partición de fotoasimilados adquiere una mayor masa fresca, disminuyendo la ganancia de masa de la raíz.

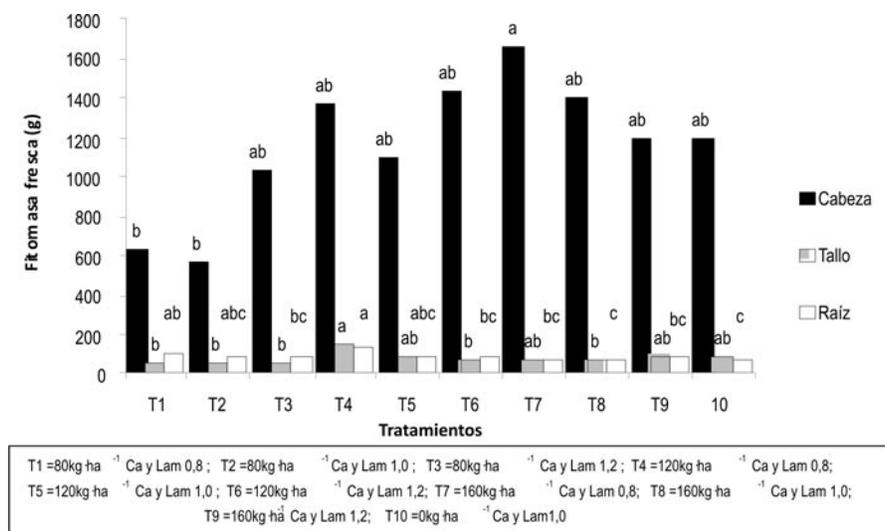


Figura 2. Fitomasa fresca de plantas de repollo bajo diferentes niveles de Ca y láminas de riego. Medias con letras iguales en la misma serie no presentan diferencias estadísticas, según la prueba de Tukey (0,05%).

Consecuentemente, el mayor peso fresco de cabeza, se logró con la lámina de 0,8 y $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca (Figura 2). Teniendo en cuenta que la cabeza es la parte comercial de la planta, el resultado obtenido le permite al productor decidirse por este tratamiento, que le garantiza mayores rendimientos respecto a la menor respuesta obtenida con la lámina de 1 y $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca.

Fitomasa seca de hojas, tallo, raíz y cabeza: No se presentaron diferencias estadísticas en la masa seca de hojas y tallos, pero sí en la de raíz y cabeza. Con

$120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 1,2, se presentó la mayor respuesta en masa seca de hojas (242,86g) respecto a $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 1,2, que mostraron la menor respuesta (105,82g). Por otro lado, $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 0,8 generaron la menor masa seca de cabeza y la mayor en raíz (Figura 3). No obstante, la mayor masa seca de cabeza, se logró con $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 0,8 y la más baja en raíz fue debido al $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 1. Para el caso del tallo la aplicación $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y la lámina de 0,8 presentaron la mayor masa seca (18,22g) y, la menor,

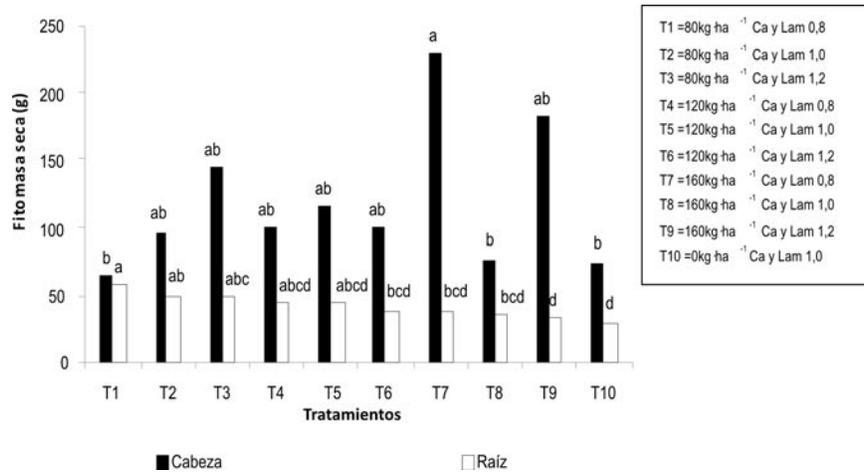


Figura 3. Fitomasa seca de plantas de repollo bajo diferentes niveles de Ca y láminas de riego. Medias con letras iguales en la misma serie no presentan diferencias estadísticas, según la prueba de Tukey (0,05%).

con la lámina de 1,2 y 120kg·ha⁻¹ de Ca (9,19g). Este fenómeno de mayor masa seca con altas dosis de calcio puede ser debido a que el calcio se acumula en la pared celular, lo que incrementa la masa seca en los tejidos (Marschner, 2002)

La dosis de 120kg·ha⁻¹ de Ca es suficiente para lograr la acumulación necesaria de Ca en las paredes del tallo; el calcio al formar parte importante de la constitución de la membrana de las células y también al acumularse entre la pared celular y lámina media, interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, el cual, confiere estabilidad e integridad a la membrana (Gordillo *et al.* 2004) y produce tallos más fuertes, capaces de sostener el peso de la cabeza.

Las auxinas activan “los canales de calcio” en la membrana plasmática y su salida de la vacuola; el efecto auxinas-calcio es sinérgico (Amberger, 1995). Así mismo, la cantidad de calcio que absorbe la planta está directamente relacionada con la concentración de auxinas interna (Karl-Heinz & Evans, 1986), por tanto, es probable que dosis superiores a 120kg·ha⁻¹ de Ca no presenten un incremento en los valores de masa seca. Además, las plantas, genéticamente, vienen programadas para absorber cantidades limitadas de calcio para evitar la formación de oxalatos cálcicos que taponen los haces vasculares (Marschner, 2002).

Sin embargo, es evidente que la fitomasa seca de tallos, hojas y cabeza es favorecida directamente por las dosis

de calcio, contrario al proceso a nivel radicular. Para el crecimiento radicular, se necesitan dosis mínimas de calcio (Burstrom, 1952), pero un aumento de este elemento, a nivel radicular, disminuye la velocidad de elongación de la raíz (Karl-Heinz & Evans, 1986).

En experimentos realizados con diferentes niveles de calcio (100, 300 y 500 kg·ha⁻¹), se encontró que el rendimiento en materia seca de *Cratylia argentea*, se vio favorecida por las dosis más altas de este elemento (Navarro *et al.* 2002) y concuerda con el mayor peso de cabeza de repollo obtenido también con la mayor dosis de calcio (160kg·ha⁻¹).

Por otro lado, las láminas no tuvieron un efecto significativo en la acumulación de materia seca, como sí lo tuvo el calcio. No obstante, la lamina de 0,8 fue suficiente para que el calcio fuera transportado vía xilema a la parte aérea de las plantas de repollo.

Sólidos solubles (SST): Tuvieron una tendencia de disminución hacia los cinco días después de la cosecha (ddc) y volvieron a aumentar a los diez ddc para la mayoría de los tratamientos; sin embargo, la variación de este parámetro no fue superior a 0,7.

A lo largo de la poscosecha, la aplicación del 80kg·ha⁻¹ de Ca y una lámina de 0,8 mostró los valores más altos de SST con diferencias altamente significativas (Figura 4A), por lo tanto, a mayor calcio y agua, el contenido de azúcares y otros sólidos solubles es menor. Un buen

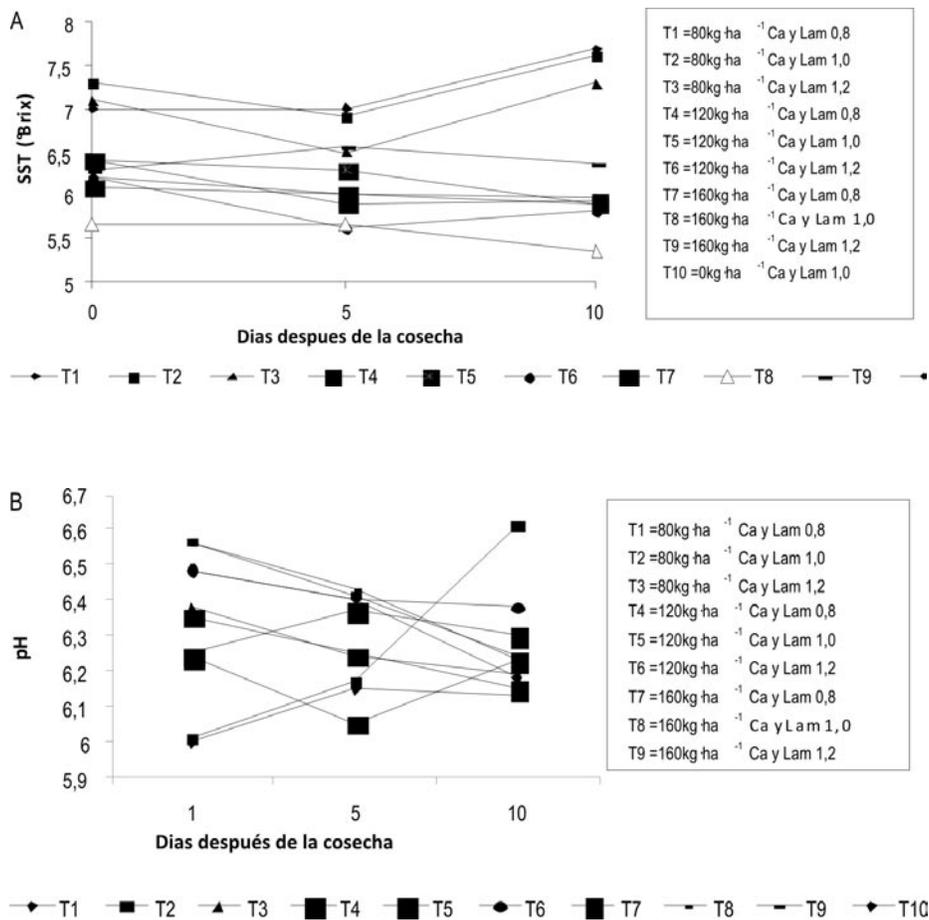


Figura 4. A. Sólidos solubles totales B. pH a los 0, 5 y 10 días después de la cosecha en plantas de repollo, bajo diferentes niveles de Ca y láminas de riego.

suministro de agua y de calcio disminuye la síntesis de azúcares y, en consecuencia, la vida poscosecha, pues parece ser que un aumento considerable en los SST da lugar a una mayor intensidad respiratoria (Contreras *et al.* 2007). Por el contrario, una mayor concentración de SST es también el resultado de menor cantidad de agua en los tejidos. A su vez, esto hace que aunque el repollo se degrade más rápido presente un sabor más agradable.

Valor del pH: Al momento de la cosecha, las diferencias fueron altamente significativas; el mayor valor se obtuvo con $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y una lámina de 1,2, mientras que el menor pH, se logró con la lámina de 0,8 y $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca. A los cinco ddc, el mayor pH se observó con $160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y lámina de 1 y la lámina de 0,8 y $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca fueron responsables del pH más bajo, con diferencias significativas, al igual que a los diez ddc.

En este momento, $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y una lámina de 1 generó el pH más alto y $800\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca y lámina de 0,8 presentaron el pH más bajo (Figura 4B).

Según Téllez *et al.* (2007), en los tejidos más del 90% del volumen celular es ocupado por la vacuola que, generalmente, es muy ácida, con pH alrededor a cinco (Nanos & Kader, 1993), razón por la cual, el pH de los vegetales, incluyendo el repollo, tiende a la acidez. Se evidenció una disminución del pH a lo largo de la poscosecha, indicando degradación de ácidos (Marschner, 2002). Este comportamiento, se observó solo con la aplicación de la lámina de 1 y $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca. En este caso, la duración poscosecha del repollo fue menor; en los demás tratamientos, el calcio se acumuló extracelularmente para inhibir la senescencia (Ferguson, 1984; Leshem, 1992).

Porcentaje acumulado de pérdida de peso fresco: La pérdida de peso mostró un comportamiento ascendente, como consecuencia de la transpiración y la respiración (Wills *et al.* 1998), con un mayor aumento entre ocho y diez ddc. Al final de la poscosecha, se presentaron diferencias significativas. El suministro de 80kg·ha⁻¹ de Ca y una lámina de 1,2 ocasionó la mayor pérdida de peso durante toda la poscosecha, mientras que la lámina de 1 y 160kg·ha⁻¹ de Ca fueron responsable de mantener una mayor humedad en las cabezas (Figura 5).

Una pérdida de peso del 5% determina la marchitez de numerosos productos hortícolas y el deterioro de la calidad, con la consecuente reducción de su valor en el mercado (Wills *et al.* 1998). De esta manera, la aplicación de la lámina de 1 y 120kg·ha⁻¹ de Ca, lámina de 1,2 y 160kg·ha⁻¹ de Ca y lámina de 1 y 160kg·ha⁻¹ de Ca fueron los tratamientos que mantuvieron calidad comercial durante los diez días de poscosecha. Por lo anterior, el calcio tiene gran importancia, ya que inhibe la acción de poligalacturonasas, que degradan las pectinas y ablandan los tejidos.

El movimiento del Ca en la planta depende de un buen nivel interno de agua y temperaturas adecuadas con una transpiración normal (Western Vegetable Newsletter, 2004); por esta razón, las altas cantidades de calcio estuvieron acompañadas de las mayores láminas para

que el calcio se transportara a los tejidos de forma más eficiente y permitiera menor pérdida de agua. En hortalizas, como la lechuga, el marchitamiento inducido por la baja humedad está relacionado con la pérdida de ácido ascórbico (Toivonen, 2003).

Análisis económico: El costo de los tratamientos, se obtuvo de la relación entre la masa fresca de la cabeza sobre la sumatoria del costo de la plántula, calcio y agua (Figura 6), durante el ciclo productivo. El valor del calcio correspondió a 1 \$·g⁻¹, mientras que el agua tuvo un costo de 70 \$·m⁻³. La relación, se expresó en gramos producidos por cada peso invertido. Los costos de mano de obra, infraestructura y demás insumos no se tuvieron en cuenta, por ser iguales para todos los tratamientos.

Se presentaron diferencias altamente significativas; la producción de cabezas de repollo más económica se logró con 80kg·ha⁻¹ de Ca y una lámina de 0,8, con un promedio 33,76g·\$⁻¹. La lámina de 1 y 80kg·ha⁻¹ de Ca resultó menos eficiente desde el punto de vista económico, con 9,56 g·\$⁻¹. Por tanto, la aplicación de la lámina de agua con un coeficiente de 0,8 de la evaporación y 160kg·ha⁻¹ de Ca resulta ser la recomendación que más beneficiará al agricultor, por obtener mayor productividad.

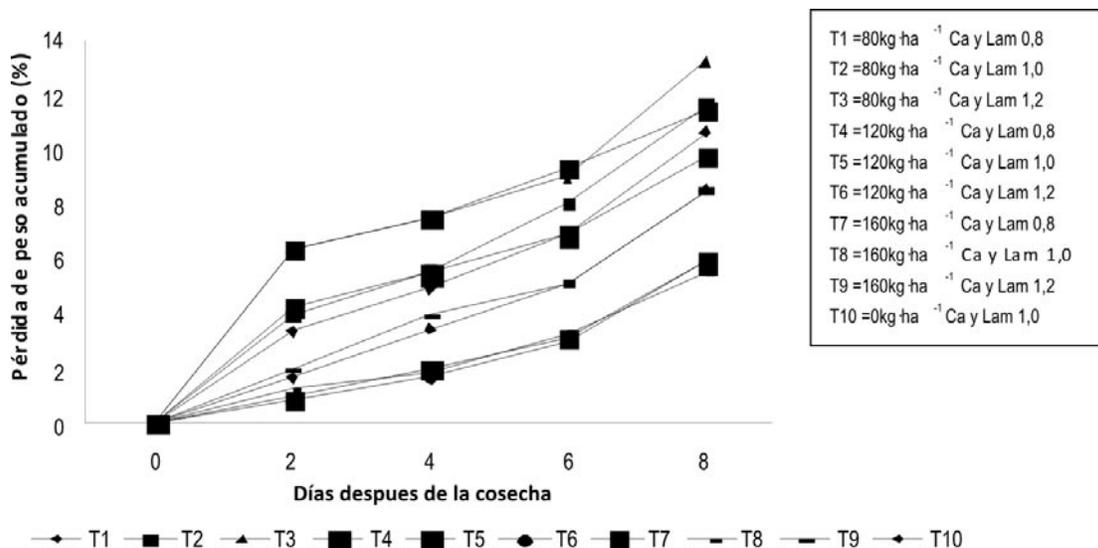


Figura 5. Porcentaje acumulado de pérdida de peso fresco en plantas de repollo, bajo diferentes niveles de Ca y láminas de riego.

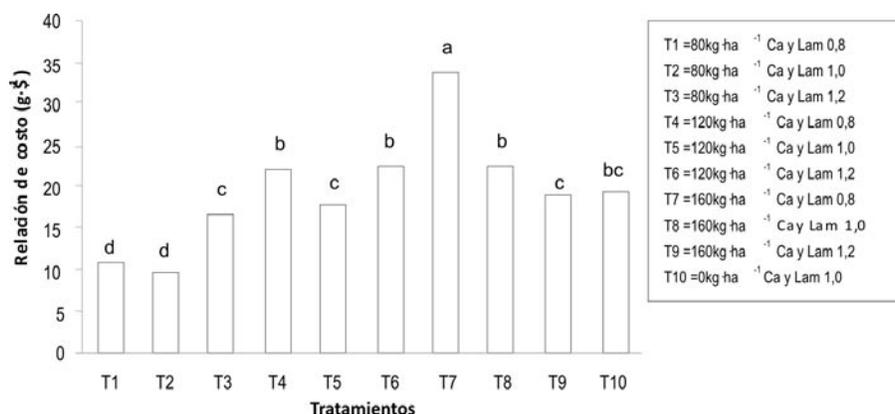


Figura 6. Análisis económico de plantas de repollo bajo diferentes niveles de Ca y láminas de riego. Medias con letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey (0,05%).

CONCLUSIONES

El calcio se convirtió en el factor más decisivo en el crecimiento, el desarrollo y la poscosecha del repollo frente a las dosis de agua evaluadas, por tanto, la aplicación de este elemento es esencial para la obtención de cosechas óptimas; el mismo modo, la mayor dosis de calcio es la más recomendable para lograr un mayor peso de cabeza.

Con los resultados obtenidos, se evidencia que un adecuado suministro de agua y calcio permite conservar el repollo en buenas condiciones durante la poscosecha, al conseguir menores pérdidas de peso, menor pH y SST.

BIBLIOGRAFÍA

- AMBERGER, A. 1995. Pflanzenernährung. Stuttgart, Alemania: Verlag Ulmer. 4ª ed. 319p.
- ANZORENA, J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. España: Mundi-Prensa. 172p.
- BURSTROM, H. 1952 Studies on growth and metabolism of roots. VIII. Calcium as a growth factor. *Physiol. Plant.* 5:391-402
- CASTELLANO, G.; QUIJADA, O.; RAMÍREZ, R.; SAYAGO, E. 2006. Efecto de la fertilización con calcio y el estado de madurez sobre la calidad de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Iberoam. Tecn. Postcosecha.* 7(2):109-113.
- CONTRERAS, J.; GAMBA, H.; FISCHER, G. 2007. Características fisicoquímicas y organolépticas de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) a dos temperaturas de almacenamiento y tipos de cera. *Ciencia y Agricultura.* 5(2):39-49.
- FERGUSON, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell Environ.* 7:477-489.
- FRANCO, J. 1989. Utilización de hidrolizados proteicos en horticultura. *Horticultura.* 52:60-64.
- GIRARD, E.; OSORIO, J. 1980. Generalidades de la producción de repollo en Colombia. *Hortalizas. Manual de Asistencia Técnica.* No. 28 ICA Bogotá. 25p.
- GORDILLO, O.; FISCHER, G.; GUERRERO, R. 2004. Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sylvania (Cundinamarca). *Agron. Col.* 22(1):53-62.
- GRASSI, C. 1987. Diseño y operación del riego por superficie. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 394p.
- GUERRERO, R. 1998. Fertilización de Cultivos de Clima Frío. Sáenz y Cia Ltda. Santafé de Bogotá, 425p.
- KARL-HEINZ, H.; M. L. EVANS. 1986. Calcium dependence of rapid auxin action in maize roots. *Plant Physiol.* 81:439-443.

- KORDYUM, E.L. 2003. Calcium signals en plan cell en altered gravity. Inst. of Botany of National Academy of Sciences of Ukraine 32(8):1621-1630.
- LARCHER, W. 2003. Physiological plant ecology. 4th ed. Springer, Germany. 231p.
- LESHEM, Y.Y. 1992. Plant membrane: A biophysical approach to structure, development and senescence. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht.
- MAROTO, B. 1989. Horticultura herbácea especial. 2ª Ed. Mundiprensa. Madrid. p.251-257.
- MARSCHNER, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press London. 889p.
- NANOS, G.; KADER, A. 1993. Low O₂-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. Postharvest Biol. Technol. 3:285-291.
- NAVARRO, L.; RODRÍGUEZ, T.; RODRÍGUEZ, I. 2002. Influencia del calcio, nitrógeno y del magnesio, sobre la producción de (*Cratylia argentea*) en las sabanas bien drenadas de los llanos orientales de Venezuela. Rev. Científica. Suplemento. 12:534-538.
- RODRÍGUEZ, S. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F. 177p.
- RODRÍGUEZ-PÉREZ, L. 2006. Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. Agron. Col. 24(1):28-37.
- SAM, E. 2000. El uso del calcio soluble para estimular el crecimiento vegetal. Comunicaciones Agrícolas. El Sistema Universitario Texas A&M. 4p. Disponible desde Internet en: http://www.tcebookstore.org/publications_getfile.cfm?getfile=pdf&whichpublication=1121 (con acceso 15/01/08).
- SALISBURY, F.; ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamérica S.A. México, D.F. 4ª ed. 759p.
- SANDERS, D.; BROWNLEE, C.; HARPER J. 1999. Communicating with calcium. Plant Cell. 11:691-706.
- STARSKEY, K.R.; PEDERSEN, A.R. 1997. Increased levels of calcium in the nutrient solution improves the postharvest life of potted roses. J. Am. Soc. Hort. Science. 122(6):863-868.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. Plant physiology, 2nd edition. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland. 792p.
- TÉLLEZ, C.P.; FISCHER, G.; QUINTERO, O. 2007. Comportamiento fisiológico y fisicoquímico de frutos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) encerrados y almacenados a dos temperaturas. Rev. Col. Cienc. Hort. 1(1):67-80.
- TOIVONEN, P. 2003. Effects of storage conditions and postharvest procedures on oxidative stress in fruits and vegetables. En: Mark-Hodgesm, D. (ed.). Postharvest oxidative stress in horticultural crops. Food Products Press. p.69-90.
- WESTERN VEGETABLE NEWSLETTER. 2004. WEST-VEG NEWS. The University of Arizona-Cooperative Extension. 2(3):4. Disponible desde Internet en: <http://cals.arizona.edu/crop/vegetables/quality/spanish/newsletter/2004/westvegspan0504.pdf> (con acceso 15/01/08).
- WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling. CAB International, Wallingford (UK). 262p.
- ZYALALOV, A. 2004. Water flows in higher plants: physiology, evolution, and system analysis. Russian J. Plant Physiol. 51(4):547-555.

Recibido: Febrero 14 de 2008

Aceptado: Septiembre 30 de 2008

EFFECTO DE DOSIS DE Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo EN EL CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES Y TOTALES Y EN LA CALIDAD DE FRITADO EN PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*)

EFFECT OF DOSES OF Fe, Cu, Mn, Zn, B and Mo ON REDUCEND AND TOTAL SUGARS AND ON FRIED QUALITY ON CREOLE POTATO (*Solanum phureja*)

Rodrigo Lora Silva ¹
Ana Patricia López Alayón ²
Rafael Gómez ³
Henry Bernal ⁴

RESUMEN

Para evaluar el efecto de dosis variables de los micronutrientes Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo en el contenido de azúcares reductores y totales de tubérculos tamaño primera de papa criolla y su efecto en la calidad de fritado, como índice de la calidad industrial, se realizó una investigación en un suelo localizado en el municipio El Rosal (Cundinamarca), clasificado, taxonómicamente, como Pachic Melanudands. Las dosis fueron: Fe (5-10-15kg ha⁻¹), Cu (8-16-24kg ha⁻¹), Mn (8-16-24kg ha⁻¹), Zn(5-10-15kg ha⁻¹), B(0,8-1,6-2,4kg ha⁻¹) y molibdato de sodio(1-2-3kg ha⁻¹). Se incluyó un testigo a micronutrientes. El diseño empleado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones de 20m² cada una, para un total de 57 unidades experimentales. Para nitrógeno, fósforo y potasio, a la siembra se aplicó 700 kg ha⁻¹ del grado fertilizante 13-26-6, junto con los micronutrientes bajo estudio. De igual manera se determinó la calidad de fritado y los azúcares totales

y reductores. Los resultados mostraron efecto de los tratamientos sobre el contenido de azúcares totales y reductores. Según la prueba de fritado, los contenidos de azúcares reductores inferiores a 0,25% en base seca mostraron buena calidad para la industria, según la escala de color adaptada y modificada para papa criolla. Niveles de 16-24kg Cu ha⁻¹, 5-10kg Fe ha⁻¹, 5kg Zn ha⁻¹ y 0,8kg B ha⁻¹ fueron los más adecuados, lo cual indica que, bajo las condiciones de la investigación, es necesario la aplicación de niveles adecuados de cobre, hierro, cinc y boro para que el tubérculo presente buena calidad, como índice apropiado para la industria de fritado.

Palabras clave: Calidad industrial, micronutrientes, andisoles, tubérculos de papa.

SUMMARY

A research was carried out at El Rosal, Cundimarca, in a soil classified as Pachic Melanudands to establish the effect of levels of the micronutrients Fe,Cu, Mn, Zn,B and Mo on the total and reductor sugars contents in tubers of Creole potatoe (*Solanum phureja*) and its frying quality. The doses employed were: Fe (5-10-15 kg ha⁻¹), Cu (8-16-24 kg ha⁻¹), Mn (8-16-24 kg ha⁻¹), Zn (5-10-15 kg ha⁻¹), B (0.8-1.6-2.4 kg ha⁻¹) and sodium molybdate (1-2-3 kg ha⁻¹); and a check to micronutrients was included. A complete randomized block design with three reps of 20 m² was used. For nitrogen, fosphorus

¹ Ingeniero Químico, M.Sc., Docente investigador, Facultad de Agronomía Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. e-mail: rodrigolorasilva@yahoo.com

² Químico Industrial

³ Ingeniero Agrónomo

⁴ Ingeniero Agrónomo

and potassium, 700kg ha⁻¹ of fertilizer grade 13-26-6 at planting time was used. On first class size tubers frying quality, total and reductor sugars were determined for each experimental unit. The result showed a significant effect of the treatments on the content of total and reductor sugars. According to the fried quality test, contents lower 0.25% on dried base of reductor sugars showed good industrial quality according to the color scale for Creole potatoe. Levels of 16-24kg Cu ha⁻¹, 5-10kg Fe ha⁻¹, 5kg Zn ha⁻¹ and 0.8kg B ha⁻¹, were the most adequate ones. These results indicate that under the conditions of the research it is necessary to apply suitable levels of Cu-Fe-Zn and B to get good quality in the tubers for the fried industry.

Key words: Industrial quality, micronutrients, andisols, potato tubers.

INTRODUCCIÓN

La papa criolla (*Solanum phureja*) posiblemente es nativa de los Andes suramericanos. Se trata de una especie diploide, con centro de diversidad genética, en el departamento de Nariño (Peña, 1997, Porras, 1999). Se caracteriza por ser precoz, pues bajo condiciones de días cortos y buen manejo agronómico del cultivo, solo necesita de tres a cuatro meses para alcanzar su madurez fisiológica (Zapata *et al.* 2006). En general, los suelos más apropiados para este cultivo son los de textura franco arenosa y franco limosa, bien aireados, con buenas propiedades físicas, ricos en materia orgánica y fertilidad media factible de ser mejorada (Cuchimaque & Sierra, 1998). Las necesidades de agua son alrededor de 100mm/mes bien distribuidos, debido a que si hay deficiencia en la fase de tuberización, los rendimientos se reducen, considerablemente. En Colombia, el área sembrada es de 25.000 hectáreas por año, localizada en la zona fría de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Santander y Cauca (Porras, 2000). Muchos de los suelos de esta área pertenecen al orden Andisol. En el desarrollo de las características de estos suelos ha influido el material parental, compuesto de depósitos de cenizas volcánicas de varias edades, que por meteorización, han producido alófono, el cual presenta elevada fijación de aniones, como fosfatos, boratos y molibdatos (Lora, 1994; Soil Survey Staff, 1998).

Dentro de los elementos esenciales para la planta, debido a la pequeña cantidad absorbida por ésta, se

han denominado micronutrientes al hierro, cobre, manganeso, cinc, níquel, boro, cloro y molibdeno (López, 1998; Bohn *et al.* 2001; Bernal *et al.* 2006; Lora, 2007). Las funciones más destacadas de estos elementos son las siguientes: el hierro forma parte de las hemoproteínas, de los citocromos, de las enzimas respiratorias, como la peroxidasa, catalasa, ferredoxina y citocromo-oxidasa; activa numerosas enzimas y participa en el desarrollo de los cloroplastos, en la fotosíntesis y en las reacciones de oxido-reducción. El manganeso participa en la fotosíntesis, hace parte de numerosas enzimas y activa las enzimas arginasa y fosfotransferasas. El cobre hace parte de enzimas, como la plastocianina, superoxidismutasa, ascorbatooxidasa, lactasa, fenolasa y aminooxidasa; juega rol positivo en la fotosíntesis y estimula la evolución de oxígeno (Bernal *et al.* 2006). El cinc hace parte de enzimas, como alcohol de hidrogenasa, superoxidismutasa y anhidrasa carbónica y activa enzimas, como las de la síntesis de ácido indol acético, relacionado con el crecimiento de la planta y la maduración de los frutos. El boro forma complejos con compuestos orgánicos facilitando su transporte, participa en el crecimiento y división celular, en el metabolismo de los ácidos nucleicos, carbohidratos y proteínas; también interviene en la degradación de la glucosa y, posiblemente, en la síntesis del ácido ribonucleico (ARN) y del ácido giberélico (Brown & Barry, 1997; Golberg, 1997; Ávila & Ruiz, 2003; Segura *et al.* 2007). Por su parte, el boro y el calcio, se deben aplicar en cantidades balanceadas para evitar antagonismo del calcio sobre el boro. El molibdeno hace parte de enzimas, como la nitrogenasa y la nitrato reductasa; su deficiencia influye negativamente en la formación de ácido ascórbico, en el contenido de clorofila y en la actividad respiratoria. El cloro participa en la fotosíntesis, en la regulación osmótica y en la asimilación de algunos elementos con las bombas ATP-asa. El níquel es requerido para la actividad de varias enzimas, como la ureasa y la hidrogenasa. En las plantas superiores, la ureasa es la única enzima que contiene níquel, requerida para la hidrólisis de la urea, la cual, produce NH₃ y CO₂ y, por tanto, así la úrea puede ser utilizada como fuente de nitrógeno. En Rhizobio, sin la presencia de níquel, la actividad de la hidrogenasa es extremadamente baja, pero puede ser restaurada, rápidamente, por medio de la aplicación de níquel (Malavolta & Morales, 2007).

Los factores que afectan la disponibilidad de micronutrientes para la planta son pH, materia orgánica,

humedad del suelo, interacción entre sí y con otros elementos, enclavado, actividad microbiológica, tipo de cultivo y algunas prácticas agrícolas, como labranza y riego. La disponibilidad disminuye al aumentar el pH, con excepción del molibdeno. Los suelos orgánicos están entre los que comúnmente presentan deficiencias de boro, cobre y molibdeno (Lora, 1998; López, 1998; Burbano, citado por Lora, 2007).

Se debe tener en cuenta que para la papa, tanto *Solanum tuberosum*, como *S. phureja*, la calidad del tubérculo es muy importante para la industria y para consumo en fresco.

Con relación a su composición, los tubérculos contienen carbohidratos solubles e insolubles, proteínas, minerales y algunas vitaminas. Además de glucosa, fructosa y sacarosa, el mayor componente es el almidón, el cual, está compuesto de amilasa y amilopectina (Wade, 2004). La respiración es el proceso metabólico de los vegetales, que consiste en la oxidación de sustancias orgánicas con alto contenido de energía en compuestos más sencillos, por tanto, la conversión del almidón suministra glucosa, fructosa, sacarosa, CO₂, energía y agua. Por debajo de 5°C, se hidroliza y se acumulan azúcares reductores (glucosa y fructosa), a pesar que a estas temperaturas la respiración es muy débil (Salisbury & Ross, 1994; Calderón, 1995; Moreno, 2000; Salisbury & Ross, 2002). Después de la cosecha, la sacarosa se transforma rápidamente en glucosa y fructosa que, a menudo permanecen en un alto nivel durante el almacenamiento. Estos dos azúcares son reductores, aun cuando también puede haber la presencia de otras sustancias reductoras, tales como la tirosina, el ácido ascórbico, la cisteína y el inositol (Vives, 2003).

Durante el procesamiento industrial, los azúcares reductores se combinan con los aminoácidos produciendo compuestos de un color marrón y de sabor amargo, en el producto final, lo cual, depende de la variedad, las condiciones de cultivo, la cosecha y la temperatura de almacenamiento (Calderón, 1995). A temperaturas superiores a 55°C durante el procesamiento industrial reaccionan los azúcares reductores y los aminoácidos, conocido como reacción de Maillard (Pineda, 1995). En la industria, la evaluación comúnmente utilizada para la calidad de la papa es la prueba del frito, que permite determinar en forma cualitativa el contenido de azúcares reductores, ya que éstos son determinantes

del color de los productos fritos. La prueba consiste en sumergir en aceite caliente, a una temperatura de aproximadamente 130°C, durante tres minutos, las rodajas de papa, para ser comparadas al término del proceso con una escala de color, con grados que van del uno al nueve, correspondiendo para el número uno el color más oscuro y disminuyendo su tonalidad, de acuerdo al nivel de azúcares reductores (Castro & Guio, 1998). En la industria, se acepta tubérculos que presenten tonos de 4 a 7 de la escala del color. Los procesos de oscurecimiento que ocurren durante el fritado de la papa son de naturaleza química, a través de tres mecanismos o fases: en el primero, los aldehídos, las cetonas y los azúcares reductores se combinan con aminoácidos, péptidos y proteínas, de acuerdo con la condensación aldólica, para formar primero la base de Schiff y luego una glicosilamina N-sustituida; esta primera etapa es la denominada reacción de Maillard descrita por el químico francés Louis Camille Maillard. El segundo, denominada arreglo de Amadori consiste en la isomerización de la N-sustituida y glicosilamina en N-sustituida-1-amino-1-deoxi-2-cetosa. En la tercera etapa, se pierde una molécula de CO₂ del sistema y pueden ocurrir reacciones de condensación aldólica, polimerización de aldehídos y aminas con la formación de sustancias heterocíclicas, tales como pirrol, piridina y ainaldosas; de igual manera empieza a aparecer el pardeamiento o oscurecimiento (Calderón, 1995).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de dosis variables de Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo sobre el contenido de azúcares reductores y totales de la papa criolla y su efecto en la calidad del fritado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo, se llevó a cabo en un suelo derivado de cenizas volcánicas, clasificado como Pachic Melanudands, localizado en el municipio El Rosal del Departamento de Cundinamarca. Se empleó la variedad "Yema de Huevo" (*S. phureja*), con semilla tamaño primera de buena calidad. De acuerdo al análisis de suelo, el contenido de fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio es medio. Con relación a los elementos menores el contenido de micronutrientes fue: hierro 29ppm; manganeso 23ppm; cobre 0,60ppm; cinc 6,90ppm y boro 0,05ppm. Para hierro, manganeso y cinc el contenido es medio; para cobre bajo y para boro deficiente. Para Fe, Cu, Mn y Zn, se utilizó el método de Melnich (doble

ácido) y para B el de extracción, con solución 0,008M de fosfato monocálcico. La profundidad, el drenaje, la estructura y la retención de agua son adecuados para el desarrollo del cultivo. El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar, con tres repeticiones de 20m², cada una. Las fuentes de nutrientes fueron FeSO₄·7 H₂O, Na₂B₄O₇·10 H₂O, CuSO₄·5H₂O, MnSO₄·3 H₂O, Na₂MoO₄·2 H₂O. Para nitrógeno, fósforo y potasio, se empleó el grado fertilizante 13-26-6 en la cantidad de 700kg/ha. Las dosis de elementos menores fueron: Fe (kg ha⁻¹): 5-10-15; Cu (kg ha⁻¹): 8-16-24; Mn (kg ha⁻¹): 8-16-24; Zn (kg ha⁻¹): 5-10-15; B (kg ha⁻¹): 0,8-1,6-2,4; Mo (kg ha⁻¹Na₂MoO₄·2 H₂O): 1-2-3. Se incluyó un testigo a micronutrientes. Las fuentes y los niveles de micronutrientes, se escogieron de acuerdo a lo recomendado por Lora (1998). La fertilización, se hizo al momento de la siembra. Para el rendimiento total, se

determinó el de los dos surcos centrales de cada unidad experimental y luego se llevó a t/ha. Por su parte, para la calidad de fritado, así como para la determinación de azúcares reductores y totales, a la cosecha de cada unidad experimental, se tomó 1kg de tubérculos tamaño primera (3,5cm - 6cm de diámetro), en los primeros cinco días después de la cosecha; se determinó la calidad de fritado en fresco y se secó el material a 60°C hasta peso constante, para la determinación de azúcares totales y reductores.

Prueba de fritado: Por unidad experimental del kg del material de primera seleccionado, se tomaron cuatro tubérculos, se lavaron cuidadosamente y se les quitó la corteza. Se tajaron en rodajas del mismo grosor (aproximadamente 3mm), se introdujeron en aceite de soja a una temperatura de 130°C por dos minutos;

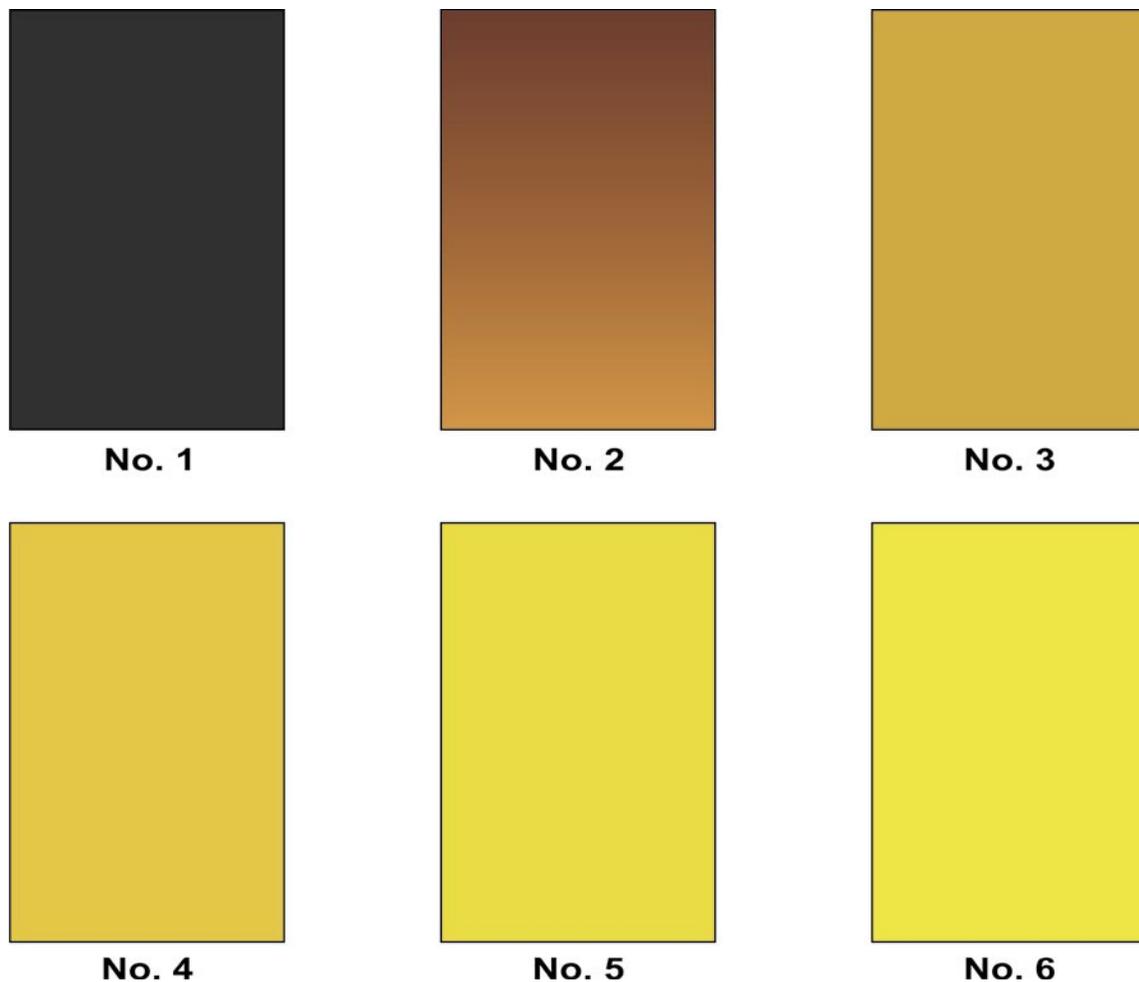


Figura 1. Escala de color para fritado papa criolla (*Solanum phureja*)

luego, se sacaron, se dejaron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente y, por último, se valoraron con ayuda de la escala de color que aparece en la figura 1, adaptada para papa criolla, de la empleada para *Solanum tuberosum* (Castro & Guido, 1998).

Azúcares reductores y totales: De cada unidad experimental, del material cosechado, se tomaron cuatro tubérculos frescos tamaño primera, se lavaron y se les quitó la corteza. Luego, se cortaron en pedazos pequeños y se realizó el secado a 60°C hasta peso constante; posteriormente, se molió el material y se guardó en bolsas plásticas separadas por repetición, a temperatura ambiente, para hacer el análisis de azúcares reductores y totales, para lo cual, se siguió la norma ICONTEC pertinente (NTC # 440). Para la preparación del extracto requerido para el análisis de azúcares reductores y totales, el procedimiento fue el siguiente:

Se pesaron 10g de muestra seca y molida, se agregaron 200mL de agua destilada; posteriormente, se agitó en licuadora durante 30 minutos, se centrifugó durante 10 minutos y se filtró en papel filtro No 5. Luego, se clarificó con solución saturada de acetato de plomo, se filtró y se guardó el extracto para ser utilizado inmediatamente y así evitar resultados erróneos.

El principio del método para azúcares reductores, se basa en la reducción de sales cúpricas a sales cuprosas, con la correspondiente oxidación de los azúcares reductores (Van Holde, 2002). La intensidad de color del complejo azul formado, se determina en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 610nm.

Para la determinación de azúcares totales, se hace la inversión de la sacarosa (conversión a glucosa y fructosa), para poder determinarla como azúcar reductor. Para esto, se procedió así: a 30mL de extracto en tubo de ensayo, se adicionó 1mL de HCl concentrado, se colocó en baño María a 95°C, por 15 minutos; una vez realizado este proceso, el tubo de ensayo se sacó y se dejó reposar durante 10 minutos, a temperatura ambiente. Luego, se ajustó el pH a 7 con NaOH, se lleva a volumen de 200mL con agua destilada y se determinó los azúcares, por la técnica descrita para azúcares reductores

Cada uno de los análisis, tanto de azúcares reductores como azúcares totales, se realizó por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para azúcares totales, según la tabla 1, hubo diferencia significativa entre algunos tratamientos. Por ejemplo, para el manganeso, a pesar de que el mayor contenido de azúcares totales fue con 24kg/Mn ha⁻¹, no hubo diferencia significativa con las dosis de 16 y 8kg ha⁻¹ de este nutriente, debido a que el contenido en el suelo, posiblemente, es adecuado, tal como lo muestra el contenido de azúcares totales en el testigo, el cual no mostró diferencia estadística con los niveles de manganeso empleado. Por su parte, solamente los tratamientos 5kg/Fe ha⁻¹ y 24kg/Cu ha⁻¹ presentaron diferencia significativa con el testigo, posiblemente a que se redujo la síntesis de azúcares o la degradación del almidón. Aunque todos los valores obtenidos son aptos para su empleo en la industria (Calderón, 1995; Moreno, 2000; Zapata *et al.* 2006), ya que están por debajo de 0,60% en base seca, el mayor contenido de azúcares totales, se debió a la aplicación de 24kg/Mn ha⁻¹, resultado que se pudo presentar por el efecto de este micronutriente en la síntesis de carbohidratos solubles, como los azúcares (Marschner, 2003; Epstein & Bloom, 2005), principalmente en suelos de las características del presente estudio. Es importante anotar que en parte el buen sabor de la papa criolla fresca es debido a la presencia de una adecuada cantidad de azúcares totales (Calderón, 1995; Zapata *et al.* 2006). Para industria, se sugiere que la papa tenga un contenido adecuado de azúcares reductores, con el objeto de evitar colores oscuros y sabor amargo del producto producido (Moreno, 2000). Contenidos inferiores a 0,25% de azúcares reductores en base seca son recomendables; sobre este porcentaje tiene influencia el manejo agronómico apropiado dado al cultivo (Zapata *et al.* 2006). En la tabla 2 aparece el efecto de los tratamientos en el contenido de azúcares reductores y se puede apreciar diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento con mayor contenido de azúcares reductores correspondió a 24kg/Mn/ha, posiblemente a que el manganeso tiene un papel fundamental en la fotosíntesis, especialmente, fotosíntesis II. Se pudo haber presentado hidrólisis de la sacarosa presente para producir los azúcares reductores glucosa y fructosa, como lo sugieren Salisbury & Ross, (2002). Por su parte, los tratamientos cuyo contenido de azúcares reductores fue inferior a 0,25%, indicando buena calidad industrial, fueron por hectárea de 10kg-Fe, 5kg-Zn, 0,8kg-B, 16kg-Cu, 5kg-Fe y 24kg-Cu. En los niveles de estos micronutrientes, posiblemente, se

redujo la síntesis de azúcares reductores o se presentó degradación de las mismas (Brown & Barry, 1997; Van Hold 2002; Salisbury & Ross, 2002). Por otra parte es importante considerar que a temperaturas inferiores a 10°C

se puede presentar acumulación de azúcares reductores y de sacarosa por acción de las enzimas de la respiración anaeróbica, dependiendo de la tolerancia o susceptibilidad de la variedad (Reena *et al.* 2007), con lo cual, variedades

Tabla 1. Efecto de los tratamientos en el contenido de azúcares totales. Mínima diferencia significativa: 0,2245.

TRATAMIENTO	AZÚCARES REDUCTORES (%) *
24kg Mn/ha	0,46665 ^a
8kg Cu/ha	0,45345 ^{ab}
Testigo	0,4223 ^{bac}
1,6kg B/ha	0,4108 ^{bac}
15kg Zn/ha	0,37345 ^{bdac}
3kg Molibdato/ha	0,32975 ^{bdac}
1kg Molibdato/ha	0,3244 ^{bdac}
2kg Molibato/ha	0,3203 ^{bdac}
16kg Mn/ha	0,3004 ^{bdac}
2,4kg B/ha	0,29725 ^{bdac}
8kg Mn/ha	0,28495 ^{bdac}
10kg Zn/ha	0,27595 ^{bdac}
15kg Fe/ha	0,26210 ^{bdc}
10kg Fe/ha	0,2341 ^{bdc}
5kg Zn/ha	0,2331 ^{dc}
0,8kg B/ha	0,22725 ^{dc}
16kg Cu/ha	0,21205 ^{dc}
kg Fe/ha	0,1778 ^d
24 kg Cu/ha	0,1749 ^d

* Cifras con las mismas letras no difieren estadísticamente.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos en el contenido de azúcares reductores. Mínima diferencia significativa: 0,0375.

TRATAMIENTO	AZÚCARES REDUCTORES (%) *
24kg Mn/ha	0,4656 ^a
Testigo	0,3780 ^b
1,6kg B/ha	0,3742 ^b
15kg Zn/ha	0,3557 ^b
2kg Molibdato/ha	0,30525 ^c
16kg Mn/ha	0,28915 ^{dc}
8kg Cu/ha	0,2870 ^{dc}
3kg Molibdato/ha	0,2704 ^{dc}
10kg Zn/ha	0,26985 ^{dc}
8kg Mn/ha	0,2681 ^{dc}
1kg Molibdato/ha	0,26505 ^d
2,4kg B/ha	0,25945 ^d
15kg Fe/ha	0,25165 ^{de}
10kg Fe/ha	0,21995 ^{fe}
5kg Zn/ha	0,21945 ^{fe}
0,8 kg B/ha	0,20515 ^f
16kg Cu/ha	0,1921 ^{fg}
5kg Fe/ha	0,15915 ^{hg}
24kg Cu/ha	0,1386 ^h

* Cifras con las mismas letras no difieren estadísticamente.

susceptibles acumulan contenidos de azúcares reductores que no permiten su utilización en la industria de productos fabricados por el proceso de fritado. Los datos de las tablas 1 y 2 muestran poca diferencia entre azúcares totales y reductores, por la presencia de invertasa y sacarosa sintasa que hacen que la sacarosa se desdoble en glucosa y fructosa (Salisbury & Ross, 2002).

La prueba de fritado por su rapidez y facilidad es utilizada para definir la calidad de la papa en la producción

industrial de productos fritos. Los resultados obtenidos para los 19 tratamientos aparecen en la tabla 2. Se puede observar que, para un contenido de azúcares reductores mayor de 0,25% la calificación, de acuerdo a la escala de fritado (figura 1), fue menor de cuatro, lo cual hace que la papa no sea apta para la industria, debido al color oscuro y al sabor amargo (Calderón, 1995). Bajo las condiciones de la presente investigación para uso industrial puede ser recomendable la aplicación por hectárea de 10kg-Fe, 5kg-Zn, 0,8kg-B, 16kg-Cu,

Tabla 3. Prueba del fritado y su relación con el contenido de azúcares reductores.

TRATAMIENTO	AZÚCARES REDUCTORES (%)	COLOR DEL FRITADO (Escala)
24kg Mn/ha	0,4656	2
Testigo	0,378	3
1,6kg b/ha	0,3742	3
15kg Zn/ha	0,3557	2
2kg Molibdato/ha	0,30525	2
16kg Mn/ha	0,28915	3
8kg Cu/ha	0,287	3
3kg Molibdato/ha	0,2704	3
10kg Zn/ha	0,26985	3
8kg Mn/ha	0,2681	3
1kg Molibdato/ha	0,26505	3
2,4kg B/ha	0,25945	3
15kg Fe/ha	0,25165	3
10kg Fe/ha	0,21995	5
5kg Zn/ha	0,21945	4
0,8kg B/ha	0,20515	5
16kg Cu/ha	0,1921	5
5kg Fe/ha	0,15915	4
24kg Cu/ha	0,1386	6

5kg-Fe, 24kg-Cu en forma individual, ya que como se muestra en la tabla 3, en general, para el rendimiento de papa tamaño primera, en relación al testigo, solo hubo diferencia para la aplicación de 15kg-Zn ha⁻¹ y 1,6kg-B ha⁻¹. Si la papa es para consumo en fresco y no para la producción industrial de productos fritos, los mejores tratamientos para rendimiento total (extra, primera y segunda) fueron los que se indican en la tabla 4. La

aplicación de 1,6kg-B ha⁻¹ (Tabla 5) mostró el mayor rendimiento tal vez por la fijación del anión borato por la alofana presente en el suelo bajo estudio, quedando la cantidad adecuada a disponibilidad del cultivo. Con relación con en cinc con el nivel de 5kg/Zn ha⁻¹ hubo diferencia significativa frente al testigo, pues niveles inferiores son afectados, negativamente, por contenidos medios y altos de fósforo (Lora, 1994).

Tabla 4. Efecto de los tratamientos en el contenido de azúcares reductores y el rendimiento tamaño primera.

TRATAMIENTO	DOSIS (kg/ha)	RENDIMIENTO * (t/ha)	AZÚCARES REDUCTORES (%) *
Fe	5	13,10 ^{ab}	0,15915 ^{hg}
	10	13,48 ^{ab}	0,21995 ^{fe}
	15	13,33 ^{ab}	0,25165 ^{de}
Cu	8	13,02 ^{ab}	0,287 ^{dc}
	16	13,45 ^{ab}	0,1921 ^{fg}
	24	13,23 ^{ab}	0,1386 ^h
Mn	8	12,72 ^{ab}	0,2681 ^{dc}
	16	13,28 ^{ab}	0,28915 ^{dc}
	24	12,86 ^{ab}	0,4656 ^a
Zn	5	14,58 ^{ab}	0,21945 ^{fe}
	10	14,79 ^{ab}	0,26985 ^{dc}
	15	15,11 ^a	0,3557 ^b
B	0,8	0,8 ^{ab}	0,20515 ^f
	1,6	15,14 ^a	0,3742 ^b
	2,4	14,06 ^{ab}	0,25945 ^d
Molibdato de Sodio	1	13,18 ^{ab}	0,26505 ^d
	2	13,53 ^{ab}	0,30525 ^c
	3	13,80 ^{ab}	0,2704 ^{dc}
Testigo		12,20 ^b	0,378 ^b

* Cifras con las mismas letras no difieren estadísticamente.

Tabla 5. Rendimiento total (kg/ha) de los mejores tratamientos por elemento.

NUTRIMENTO	DOSIS (kg/ha)	RENDIMIENTO * (t/ha)
<i>Boro</i>	<i>1,60</i>	<i>24,20^a</i>
<i>Cinc</i>	<i>15,00</i>	<i>22,50^b</i>
<i>Cobre</i>	<i>16,00</i>	<i>21,60^c</i>
<i>Hierro</i>	<i>10,00</i>	<i>21,50^c</i>
<i>Testigo</i>	<i>-</i>	<i>21,00^c</i>
<i>Molibdato</i>	<i>3,00</i>	<i>21,00^c</i>
<i>Manganeso</i>	<i>16,00</i>	<i>21,00^c</i>

* Cifras con las mismas letras no presentan diferencias significativas (Tukey 0,05) R²: 97,6%.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de la presente investigación, se puede concluir:

- Los micronutrientes cobre, hierro, cinc y boro en dosis adecuadas, se deben aplicar para la obtención de tubérculos de buena calidad en la industria de frito.
- El contenido de azúcares totales en los tubérculos tamaño primera fue inferior al 0,60% en base seca, límite aceptable en la industria de frito.
- Tubérculos con un contenido de azúcares reductores inferior a 0,25% en base seca mostraron buena calidad para la industria de frito, siendo los niveles de 16-24kg-Cu ha⁻¹, 5-10kg-Fe ha⁻¹, 5kg-Zn ha⁻¹ y 0,8kg-B ha⁻¹, los más adecuados.
- La escala de color adaptada y modificada para papa criolla mostró ser una buena herramienta para evaluar la calidad del tubérculo en la industria del frito.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁVILA, F.; RUIZ, R. 2003. Efecto de la aplicación foliar y al suelo del boro sobre la papa criolla (*Solanum phureja*) en un andisol de Cundinamarca. Trabajo de grado I.A., U.D.C.A. Bogotá, 114p.
- BERNAL, M.; CASES, R.; PICOREL, R.; YRUELA, I. 2006. Excess copper effect on growth chloroplast ultrastructure, oxygen evolution activity and chlorophyll fluorescence in glycine max cell suspensions. *Phys. Plantarum*. 130(2):312-325.
- BOHN, H; Mc NEAL, B; O´CONNOR, G. 2001. Soil Chemistry. 3th. ED, John Wiley and Sons Inc. NY. 307p.
- BROWN, P.; BARRY, S. 1997. Boron movility in plants. *Plant and Soils*. 193:85-101.
- CALDERÓN, M. 1995. Diseño de procesos y especificación de equipos para obtención de papa criolla precocida y congelada. Santafé de Bogotá. U.N. 120p.
- CASTRO, H.; GÜIO, V. 1998. Significado de la fertilización potásica en el rendimiento y calidad industrial de la papa (*Solanum tuberosum*). En: Fertilización de cultivos en clima frío. Monómeros Colombo-Venezolanos, Bogotá. p.133-153.
- CUCHIMAQUE, R; SIERRA, F. 1998. Evaluación de materiales fosfóricos parcialmente acidulados en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Boyacá. UPTC Tunja. p.24-56.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. 2005. Mineral metabolism. En: Mineral nutrition of plants, principles and perspectives. Senaver Assoc. Inc. Publ., Sunderland, Massachussets, USA. p.201-241.
- GOLBERG, S. 1997 Reactions of boron with soils. *Plants & Soils*. 193:35-48.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC. 2004. NTC # 440. Productos Alimenticios. Métodos de ensayo. Bogotá. 23p.
- LÓPEZ, Y. 1998. Funciones e interacciones de los elementos menores en plantas y suelos. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo SCCS. Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. Edit. Prolabo Ltda. Santafé de Bogota. p.1-13.
- LORA, R. 1994. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. En: Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. SCCS, Silva M, F. (Ed.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo SCCS. Editorial Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá. p.29-57.
- LORA, R. 1998. Fuentes y producción de fertilizantes de elementos menores. En: Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo SCCS. Santafé de Bogotá. p.99-110.
- LORA, R. 2007. Contaminación por elementos menores y posibles soluciones. *Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient.* 7(1):5-20.
- MALAVOLTA, E.; MORALES, M. 2007. Níquel: de nutriente tóxico a nutriente esencial. *Informaciones Agronómicas*. (International Plan Nutrition Institute. Quito, Ecuador). 67:10-12.

- MARSCHNER, H. 2003. Mineral nutrition of higher plants. Function of micronutrients. Ed. Acad. Press, San Diego, California. USA. 889p.
- MORENO, J. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. Revista Papas Colombianas. 2ª. Ed. p.44-47.
- PEÑA, F. 1997. Respuesta de la papa criolla a fósforo y materia orgánica en suelos derivados de cenizas volcánicas. Trabajo de grado U.D.C.A. Bogotá D.C. 89p.
- PINEDA, R. 1995. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la papa en Colombia. Papa (Colombia). 13:4-14.
- PORRAS, P. 1999. La papa en Colombia: desarrollo de una cadena agroalimentaria estratégica. Papa. 20:32.
- PORRAS, P. 2000. Guía para papa criolla, clon 1, Fedepapa. En: Papas Colombianas 2000 con el mayor entorno ambiental. Ventana al campo Andino (Colombia). 3(1):65-67.
- REENA, P.; LESLIE, J.; LOPEZ, C.; RICKEY, Y. 2007. Roles of alcohol dehydrogenase, lactate dehydrogenase and pyruvate decarboxylase in low temperature sweetening in tolerant and susceptible varieties of potato (*Solanum tuberosum*). Phys. Plantarum. 130(2):230-239.
- SALISBURY, F.; ROSS, C. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Ed. Interamericana S.A. México. 759p.
- SALISBURY, R.; ROSS, C. 2002. Bioquímica vegetal, respiración en: Fisiología de las plantas, 2 – Edit. Thomson Madrid. p.413-439.
- SEGURA, A.; TRIVIÑO, A.; LORA, R. 2007. Comportamiento de la papa criolla (*Solanum phureja*) a calcio y boro en un suelo de Cundinamarca, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 10(2):75-84.
- SOIL SURVEY STAFF, 1998, Keys to Soil Taxonomy. 8º Ed. USA, Washington DC. 326p.
- VAN HOLDE, M. 2002. Bioquímica. Hidratos de carbón 3ª. Edición, Madrid, España. p.311-351.
- VIVES, N. 2003. Utilización de la papa criolla para elaborar una bebida alcohólica de características cerveceras. Trabajo de grado Química Industrial U.D.C.A – C.T.B., Bogotá. 115p.
- WADE, L.G. 2004. Química Orgánica. Carbohidratos y ácidos nucleicos, cetonas y haldeados. Editora Isabel Capella. Editorial Pearson Education S.A. Madrid. p.744-825; 1057-1137.
- ZAPATA, J.; NAVAS, G.; TAMAYO, A.; DÍAZ, C. 2006. Manejo agronómico de la papa criolla para procesamiento industrial. CORPOICA, C.I. La Selva, Rionegro, Antioquia. 44p.

Recibido: Marzo 5 de 2008

Aceptado: Septiembre 11 de 2008

DOSEL DE TRES ESPECIES FORESTALES Y SU RELACIÓN CON LA ADAPTACIÓN A SUELOS DEGRADADOS POR EROSIÓN

CANOPY OF THREE FOREST SPECIES AND THEIR RELATION TO ADAPTATION TO BY EROSION DEGRADED SOILS

Marco Cabezas Gutiérrez ¹
Fernando Peña Baracaldo ²
Cristhian Janier Díaz ³
Andrés Felipe Moreno ³

RESUMEN

Durante 30 meses, se realizó un estudio en la localidad de Firavitoba, Boyacá, con el objetivo de evaluar y de analizar los cambios en el dosel y la capacidad de adaptación de tres especies forestales de clima frío, *Alnus acuminata*, *Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii*, en un suelo degradado por erosión hídrica. Las tres especies fueron sembradas en dos arreglos espaciales, tres bolillos y rectángulo y dentro de esos arreglos, se ubicaron diferentes tratamientos de mezclas simples y combinadas. Se midieron parámetros, como altura de planta, emisión foliar, índice de área foliar, diámetro de la copa y producción de hojarasca. Se observó que *A. acuminata* es una planta de gran sensibilidad al estrés hídrico, al presentar altas pérdidas de material por sequía, mientras que *E. pendula* mostró los mayores índices de sobrevivencia. Sin embargo, *A. acuminata* es la especie que obtuvo mayores índices de elongación, mayor tasa de emisión foliar y un crecimiento sostenido del IAF, aun cuando presenta periodos de defoliación masiva. *Q. humboldtii* demostró ser una especie que

requiere sombra durante los primeros 24 meses después del transplante, pues al sembrarla individualmente, las plantas crecieron de forma lenta y desarrollaron pocas estructuras foliares. Las tres especies mejoraron las condiciones nutricionales del suelo, debido al aporte de hojarasca. El experimento estableció las condiciones de siembra para las tres especies y concluye que pueden ser usadas, preferiblemente, en mezcla, para programas de reforestación de suelos, con altos niveles de degradación física.

Palabras clave: Área foliar, hojarasca, crecimiento, especies forestales.

SUMMARY

During 30 months an experiment was carried out at the locality of Firavitoba - Boyacá, to evaluate and analyze the canopy changes and the adaptive capacity of three cold climate forest species, *Alnus acuminata* H. B. K., *Escallonia pendula* Pers. and *Quercus humboldtii* Bompl., in a by water eroded degraded soil. All three species were planted in two spatial arrangements "tres bolillo" and square methods. The species were situated in distinct treatments of simple and compound mixtures. Plant height, leaf emission, leaf area index (LAI), crown diameter expansion and fallen leaf litter were measured. It was determined that *A. acuminata* is a high sensible plant to drought stress, presenting high losses of planted trees, while, *E. pendula* showed the major survival index. However, *A. acuminata* had the best elongation index, a

¹ I.A. M.Sc. cand. Dr. Docente investigador, Facultad de Ingeniería Agronómica U.D.C.A. Dirección para correspondencia: mcabezas@udca.edu.co

² I.A. M.Sc. Docente investigador U.D.C.A. Dirección para correspondencia fpeña@udca.edu.co.

³ Ingeniero Agrónomo U.D.C.A

major leaf rate emission and a constant growth of LAI, even though it showed periods of massive leaf fall. *Q. humboldtii* demonstrated to be a species that needs shading during the first 24 months after transplanting, since, when sown in monoculture, the plant growth was slow and the development of few leaf structures was observed. The three species improved the soil nutrition conditions due to the litter incorporation. The research established the planting conditions for the three species and concluded that it is possible to use them in order to promote reforestation programs, preferably in mixtures, on soils with high erosion levels.

Key words: Leaf area, litter, growth, forest species.

INTRODUCCIÓN

La idea de mezclar dos o más especies de árboles en una plantación es una práctica normal en la agroforestería, pero no se ha empleado con rigor en explotaciones forestales extensas (Muthuri *et al.* 2005). Existen ventajas potenciales de las mezclas sobre las siembras en monocultivo, las cuales, se han revisado, ampliamente, en gran variedad de regiones tropicales cálidas, más no en condiciones de altura. Algunas ventajas son la diversificación en la producción de madera, el mayor nivel de diversidad biológica, la reducción de riesgos fitosanitarios, las mejoras en las condiciones del suelo por los aportes de hojarasca y el incremento en los niveles de nutrientes, así como aportes significativos a la sostenibilidad de los ecosistemas (Menalled *et al.* 1998; Fehse *et al.* 2002). Las especies de poca tolerancia a la sombra dominan los primeros episodios temporales de la sucesión, mediante altas tasas de asignación de carbohidratos al tallo principal y a las ramas, con el fin de crear copas amplias, capaces de invadir espacio rápidamente (Cermák *et al.* 2008; Bruijnzeel & Veneklaas, 1998). Por el contrario, especies de alta tolerancia a la sombra reparten los fotoasimilados, prevalentemente, a raíces y hojas, conservando copas compactas, en especial en las primeras etapas fenológicas (Oelbermann *et al.* 2004). Esta condición permite que otras especies las superen en crecimiento, favoreciéndose del sombrío temporal; posteriormente, ajustan sus tasas de elongación y comienzan a crecer con rapidez hasta alcanzar alturas que les permiten dominar las asociaciones vegetales (Moreno & Cabrera, 2008). El establecimiento en monocultivos ha dominado el manejo intensivo de bosques, tanto en el trópico

húmedo, como en las sabanas tropicales, de todo el continente americano (Stape *et al.* 2008; Pérez-Deveza *et al.* 2007).

La estimación del índice de área foliar (IAF) es esencial para determinar y modelar las características ambientales del dosel (Monte *et al.* 2007). El IAF está asociado con los principales factores de producción vegetal, como la interceptación de radiación solar, la eficiencia de conversión de fotoasimilados, la eficiencia en el uso de agua, la eficiencia en el uso del nitrógeno y la regulación de la temperatura y la humedad relativa dentro de la comunidad de plantas (De F. Coello *et al.* 2007; Barrios & Cobo, 2004). Este índice, junto con el tamaño del árbol y la forma de la copa, son los más importantes elementos para el estudio de los bosques y plantaciones forestales (Shively *et al.* 2004; Nascimento *et al.* 2007). Según Zhang *et al.* (2005) las especies forestales adaptadas a condiciones de altura tienen mayor capacidad fotosintética, eficiente carboxilación, contenidos de carbono y nitrógeno mayores que las plantas de selvas y sabanas tropicales.

En Colombia, la reforestación se ha enfocado, principalmente, al uso de unas pocas especies introducidas, plantadas en monocultivo, como pinos, cipreses, acacias y eucaliptus, los cuales, por su rápido crecimiento, alta productividad y relativamente fácil manejo, son los abanderados de los productores de madera (De F. Coelho *et al.* 2007). Las especies nativas, en su mayoría, tienen bajas tasas de crecimiento, presentan desarrollo heterogéneo, son sensibles a condiciones de estrés en el establecimiento y son de rendimiento tardío, lo cual, ha sido impedimento para realizar campañas masivas de siembra (Menalled *et al.* 1998). El presente trabajo tuvo como objetivos caracterizar el dosel de Aliso (*Alnus accuminata* H.B.K), de Magle (*Escallonia pendula* Pers.) y de Roble (*Quercus humboldtii* Bomp.) en un suelo degradado del municipio de Firavitoba (Boyacá), con diferentes métodos de plantación, comparar el crecimiento en altura de dichas especies durante los primeros 30 meses de establecimiento bajo diferentes mezclas poblacionales, determinar los cambios IAF y cuantificar la hojarasca producida en cada tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Este estudio, se realizó en el municipio de Firavitoba, Boyacá, a 5°39'50" de latitud Norte, 74°5'10" longitud occidental, una altura de 2450msnm, una temperatura promedio de 15°C, 725mm de precipitación anual con distribución bimodal. El sitio experimental corresponde a una formación agroecológica bosque seco montano (Bsemb). Se ubicó en finca de un agricultor, en la vereda Monjas, a una distancia de 5km de la ciudad de Sogamoso (IGAC, 2006). La zona, se caracteriza por presentar altos niveles de erosión de suelo. En la actualidad, la mayoría de predios han sido concesionados para la explotación minera (extracción de caliza para la industria cementera), por dos multinacionales. Se escogió un lote con altos niveles de degradación física de suelos, el cual, se encontraba invadido de *Eucalyptus globulus* y una poca vegetación nativa, con zanjas superficiales, afloramientos de rocas sedimentarias de tamaño medio y baja presencia de gramíneas como cobertura.

Material vegetal. Se sembraron plantas de nueve meses de edad de *A. acuminata*, *E. pendula* y *Q. humboldtii*, suministrados por el vivero municipal de Tenjo (Cundinamarca). El material, se homogenizó por características visuales, en cuanto a sanidad, longitud y vigor; se tomaron los datos de referencia, longitud de plantas, número de hojas y área foliar para cada una, para tener un parámetro inicial para las mediciones posteriores. La siembra, se realizó el primer semestre del año 2005, en plena temporada de lluvias, para asegurar el prendimiento de todas las plantas. Inicialmente, se tomaron cinco muestras de suelo, que fueron llevadas al laboratorio Agrilab para su caracterización y análisis (Tabla 1). Con base en los resultados, se realizaron los correctivos nutricionales para darle condiciones ideales

a las plantas. Se hizo el trazado en curvas de nivel; posteriormente, se marcaron los sitios de siembra, según cada tratamiento y se procedió a realizar los huecos de 40*40*40cm, adicionando 120g de fertilizante tipo N-P-K 15-15-15, 50 g de un correctivo que contenía 5% de fósforo, 45% de calcio y 100g de cal dolomita por cada sitio de siembra. Se adicionaron 500g de tamo de cereales descompuesto, como aporte de materia orgánica.

Diseño experimental. Se estableció un diseño básico con parcelas divididas subdivididas, donde la parcela principal estuvo conformada por dos métodos de plantación, a saber: rectángulo, donde se sembraron cuatro hileras de árboles, a una distancia de 3m entre sí y 2m entre plantas, en un área de 90m²; tres bolillos, con distancia entre planta y planta de 2,5m también en 90m². La sub-parcela constó de diferentes arreglos de siembra para las tres especies, así: Aliso solo, Magle solo y Roble solo, combinaciones simples en relación 1:1 de las tres especies y una combinación compuesta con igual proporción de individuos de las tres especies. Se empleó un total de 15 tratamientos, con la inclusión de una parcela control, sin siembra alguna de especies, replicados tres veces, para un total de 45 unidades experimentales, en un área efectiva de 4050m².

Variables evaluadas

Crecimiento de las especies forestales. Durante 30 meses, se realizó un seguimiento al crecimiento de las plantas, a partir de los siguientes indicadores: se tomó una altura de referencia inicial por planta en el momento de la siembra; de la unidad experimental, se escogieron cuatro plantas al azar, registrando cada tres meses, cambios en la longitud del tallo principal, la cantidad de ramas producidas y el tamaño de la copa. También, se contó el número de hojas presentes en cada momento de evaluación.

Tabla 1. Resultado del análisis del suelo en el municipio de Firavitoba, finca las Peñitas, al inicio del experimento, promedio de cuatro muestras.

Textura	pH	Potasio	Calcio	Magnesio	Fósforo	Azufre	C.E	C.O
		me/100g	me/100g	me/100g	ppm	ppm	dS/m	%
Franco arenoso	5,7	0,42	6,20	1,44	6	7	0,25	3,19

Dinámica de la foliación. Con frecuencia trimestral, se contó el número de hojas de las cuatro plantas usadas, como unidad efectiva de evaluación y, con el dato obtenido de laboratorio, se estimó el área foliar por planta.

Índice de área foliar (IAF). El área foliar individual, se midió con un determinador electrónico de scanner marca CID, Inc. Portable Leaf Area Meter CI-202, en 100 hojas tomadas al azar por cada planta. Complementario a lo anterior, se calculó el diámetro de expansión de copa proyectado en el suelo, en cuatro puntos de la circunferencia, utilizando una plomada colocada en la parte terminal de las ramas de mayor expansión, se promedió el dato y se estimó el área de la circunferencia proyectada. Con el dato del área foliar por planta, se procedió a calcular el IAF instantáneo, en cada trimestre, mediante la siguiente fórmula: $IAF = A \text{ foliar por planta (AF)} / \text{Área de proyección de copa (AS)}$.

Producción de hojarasca. Siguiendo la metodología propuesta por Frank & Eduardo (2003), en la parte central de cada unidad experimental se colocaron cajas de madera de 4m² y 20cm de profundidad, para captar las hojas y los residuos vegetales producidos por las plantas, se colocó una cajuela en una área no sembrada, como control absoluto. Las cajas, se fijaron al suelo para evitar la pérdida de material vegetal por arrastre, dentro de la cajuela. A los 30 meses después de la siembra, se recogieron estos materiales y se pesaron en fresco; luego

fueron llevados al laboratorio de suelos de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, y se sometieron a secado por 72 horas a 65°C en una estufa marca Boekel Industries, Inc Model 107905.

Análisis estadístico. Con los datos obtenidos en cada una de las variables evaluadas, se procedió a realizar un análisis de varianza convencional (Martínez & Martínez, 1997), para cada uno de los momentos de evaluación. Una prueba de comparación Duncan fue empleada para estimar la comparación de medias. El análisis, se realizó mediante el programa SAS 2007, en la oficina de apoyo estadístico de la U.D.C.A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas. Los datos indican que para los primeros 30 meses de crecimiento de los árboles de estas especies, el hecho de escoger un sistema de plantación, tres bolillo o cuadrado es independiente de la respuesta al incremento en altura. La tendencia de crecimiento fue lineal positiva en los tres casos. Existe un mejor comportamiento promedio para *A. acuminata* desde el inicio del ensayo y hasta el final del mismo, seguido por *E. pendula* y por *Q. humboldtii*. Las diferencias en el crecimiento a partir del noveno mes son más evidentes, ya que *A. acuminata* presenta una ganancia en altura por cada periodo de muestreo de casi el doble, comparado a la ganancia de altura de *E. pendula* y es aun mayor con *Q. humboldtii* (Tabla 2).

Tabla 2. Ganancia de altura de los árboles de *Alnus acuminata*, *Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii* durante los primeros 30 meses de plantación en un suelo degradado de Firavitoba, Boyacá.

Tiempo	<i>Q. humboldtii</i>	<i>E. pendula</i>	<i>A. acuminata</i>	R ²	C.V
3 meses	3,17b	17,90a	15,58a	0,93	19,31
6 meses	4,88b	21,67a	17,31a	0,91	16,66
9 meses	5,95b	15,39a	19,40a	0,90	17,55
12 meses	3,88b	9,85b	21,93a	0,94	15,0
15 meses	5,37b	9,33b	16,56a	0,92	16,61
18 meses	4,82b	8,43ab	15,50a	0,93	15,75
21 meses	6,36b	9,38ab	13,75a	0,91	18,03
24 meses	5,23b	11,20a	13,56a	0,94	14,08
27 meses	8,59ab	7,86b	13,06a	0,94	15,45
30 meses	3,74b	8,40ab	11,57a	0,93	15,33

Promedios de tres repeticiones y dos sistemas de plantación. Valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

La alta tasa de elongación de *A. acuminata*, se debió, posiblemente, a la facilidad en la captación de nitrógeno atmosférico, lo que contribuye con la optimización del carbono (Murcia, 1997). Una mejor asignación de nitrógeno genera una mayor producción de Rubisco, mejorando la eficiencia fotosintética; a su vez, contribuye con una mejor distribución de los carbohidratos tal y como lo proponen Benson & Sylvester (1993). También corrobora estudios que muestran la capacidad de crecimiento de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico en suelos degradados (Franco & Faria, 1997; Chada *et al.* 2004; Baliero *et al.* 2007).

Para el caso de *E. pendula*, se observa que el mejor tratamiento, especialmente, a partir de la mitad de duración del experimento fue la mezcla de dicha especie con *Q. humboldtii*. *E. pendula* es una planta históricamente presente en la zona y se podría decir que tiene una ventaja comparativa con las otras dos especies, razón por la cual se esperaba un comportamiento mejor en cuanto a crecimiento se refiere. Es posible que la menor tasa de elongación en comparación con aliso, se deba a una estrategia para evitar los daños por la deficiencia de agua. Esta aseveración está sustentada en las ideas propuestas por Do *et al.* (2005) y Stape *et al.* (2008), quienes exponen un planteamiento similar para especies, como *Acacia tortilis* y *Eucaliptus grandis*, *E. urophylla* en condiciones de déficit hídrico en los trópicos.

Respecto a *Q. humboldtii*, en el caso de la siembra monoespecífica, las plantas tuvieron serias limitaciones para la elongación de los tallos, se notó alta susceptibilidad a la luz directa y tendencia la ramificación lateral corta. Cuando las plantas se sembraron en mezcla con las otras especies produjeron entrenudos más largos, menor ramificación lateral, producto de la dominancia apical. Es importante destacar que *Q. humboldtii* forma parte de sucesiones secundarias, normalmente, asociado en sus primeros años de vida a arbustos y plantas de sotobosque que le brindan protección de la radiación directa, le proveen sombra a sus estructuras y le permiten un establecimiento apropiado hasta que la planta tenga la suficiente capacidad de alcanzar altura y dominar el dosel de las asociaciones vegetales, en concordancia con lo expuesto por López-Barrera & Newton (2006). Las observaciones encontradas en el presente trabajo son sustentadas por los postulados de Menalled *et al.* (1998), sobre el comportamiento de otras especies tropicales,

como *Cedrella odorata*, *Cordia alliodora* y *Hyeronima alchorneoides* y por lo expuesto por Cermák *et al.* (2008), en dos especies de *Quercus*, en condiciones de clima mediterráneo.

Dinámica de la foliación en cada especie. *A. acuminata* presentó temporadas de alta emisión seguidas por temporadas de alta defoliación, lo cual, confirma su característica semicaduca (Segura *et al.* 2006). Los periodos de defoliación, se produjeron al final de las estaciones secas, mientras que las lluvias indujeron alta renovación de follaje, hecho que confirma la dependencia de la especie al hidroperiodo. La defoliación y la nueva emisión de hojas, se presentaron en toda la rama; en los terminales permanecieron hojas fotosintéticamente activas. *E. pendula* siempre conservó una tasa constante de emisión foliar, la cual, se incrementó conforme al crecer el número de ramas laterales; las hojas, constantemente permanecieron verdes en los terminales de las ramas, mientras que en la parte proximal de las mismas, rápidamente se presentaba un cambio de coloración de verde a violeta, lo cual, fue un indicio de la senescencia foliar y la posterior caída. *Q. humboldtii* mostró una tendencia constante al incremento en el número de hojas y aunque renovó follaje, permanentemente, el desprendimiento masivo de hojas no fue tan evidente, como el caso de las otras dos especies. En la figura 1, se puede observar el comportamiento de cada una de las especies en cuanto al número de hojas en cada periodo de evaluación. Se puede afirmar que bajo las condiciones del experimento, *Q. humboldtii* se comportó como una planta de follaje permanente, con emisiones foliares reguladas por las temporadas de lluvia.

A partir de los 15 meses iniciales del ensayo hasta el final, *A. acuminata* presentó mayor número de hojas, posiblemente, debido al incremento en la altura de la planta, lo cual, de forma directa, conlleva a un mayor número de ramas. *Q. humboldtii*, de acuerdo al expuesto por Ramírez *et al.* (2003) presenta un mejor desarrollo si durante los primeros meses es favorecido con sombra, postulado que confirma lo expresado en la presente investigación. Aspectos similares son propuestos y destacados por Moreno & Cabrera (2008) en *Q. ilex*, la cual, es proclive a crecer en asociaciones de plantas que le provean sombra en los primeros años de crecimiento. *Q. humboldtii* sembrada en condiciones de monocultivo muestra los menores valores de hojas producidas, pero

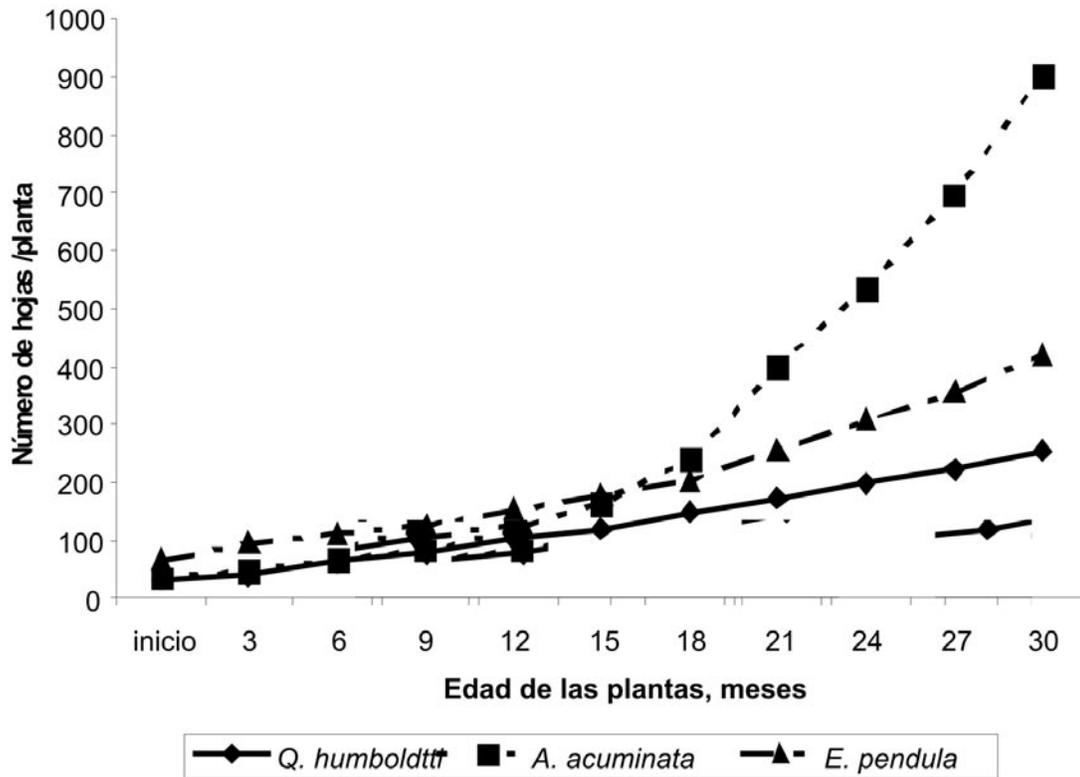


Figura 1. Número de hojas desplegadas presentes en cada periodo de evaluación, de *Alnus acuminata*, *Escalonia pendula* y *Quercus humboldtii*, durante los primeros 30 meses después de la siembra en un suelo erosionado.

también las menores tasas de elongación del tallo. Estas condiciones hacen que la planta tenga aspecto achaparrado, talla pequeña, con copa cerrada, razones esenciales a la hora de interceptar y aprovechar la radiación fotosintéticamente activa (RFA).

Índice de área foliar (IAF). En las figuras 2A, 2B y 2C, se muestra el comportamiento en el tiempo del IAF para cada especie, lo cual, explica la naturaleza de ellas respecto a la estructura del dosel. El IAF de *A. acuminata* mostró una tendencia de tipo polinómico durante el tiempo, producto de la defoliación parcial de la planta durante los periodos de sequía. El aliso es una planta que tiene copa piramidal, con producción de ramas plagiotrópicas primarias y secundarias, renovación rápida de follaje y basa su arquitectura en un eje central recto y fuerte. Esta característica permite que el IAF esté en cambio permanente, con tendencia positiva, diferente a las especies netamente caducas; algunas de ellas bien descritas por Menalled

et al. (1998). El coeficiente de regresión lineal (0,72) fue inferior al polinómico (0,92), por ese motivo, se asume que *A. acuminata* no tiene tendencia lineal positiva en el IAF durante los primeros 30 meses de crecimiento.

E. pendula fue la especie que mostró un IAF mayor en los primeros meses después de la siembra, debido a que posee mayor área foliar por hoja en promedio (Figura 1) y la expansión de copa es baja. El IAF no cambia en forma definida durante los primeros 30 meses de crecimiento de la especie y se debe a que la planta tiene un hábito de foliación bien establecido hacia la parte terminal de las ramas y una buena proporción de ellas queda desnuda, por tanto, aun cuando la planta crezca en diámetro de copa, no lo hará de la misma forma en área foliar. Las ramas del magle en su mayoría son plagiotrópicas, pero también se presenta una buena cantidad de tallos prolépticos de tipo ortotrópico hacia el interior de la planta, lo que no permite modelar,

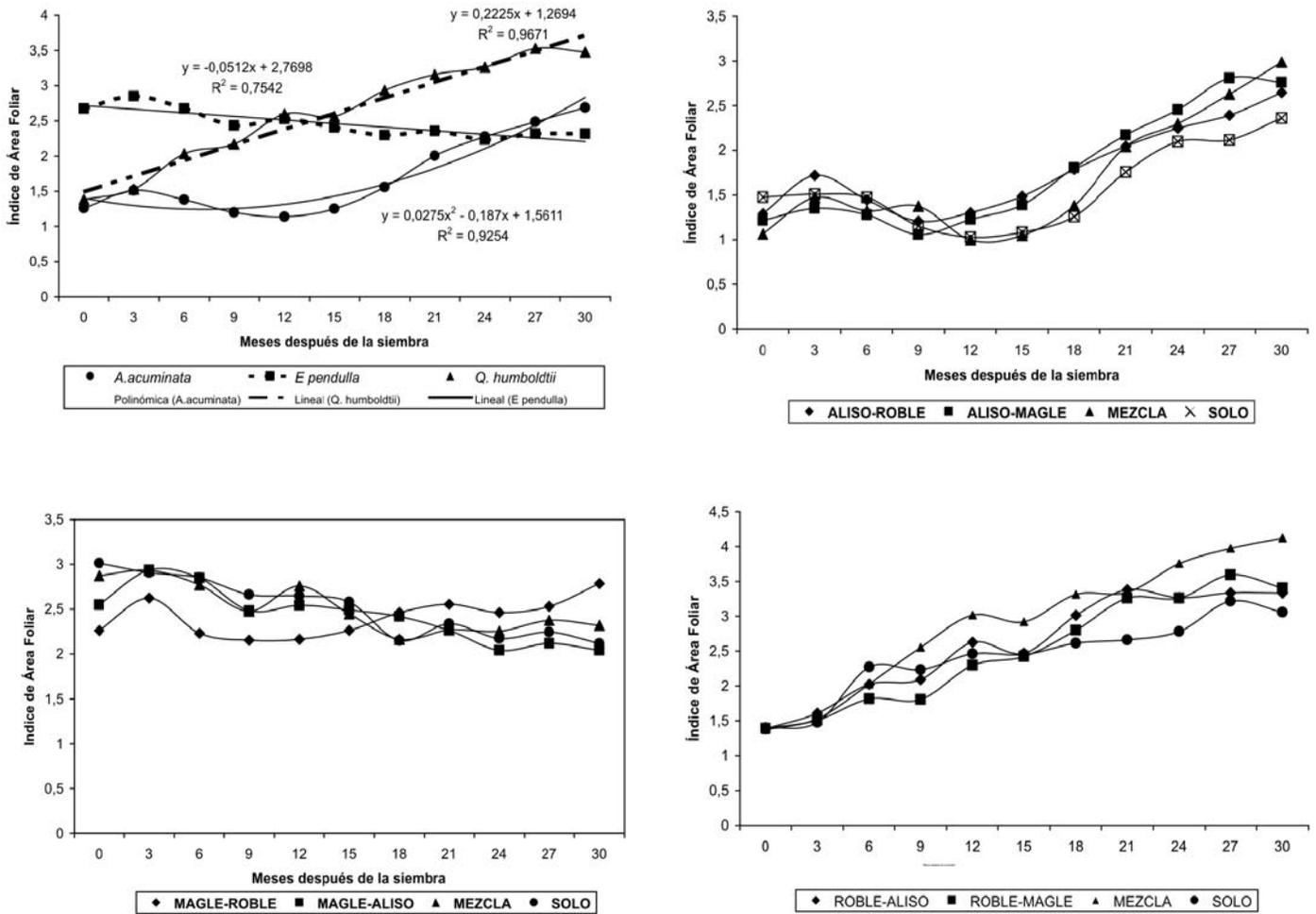


Figura 2. Índice de Área Foliar (IAF) instantáneo promedio de *Alnus acuminata*, *Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii* durante los primeros 30 meses después de la siembra en un suelo erosionado. Diferentes tipos de mezclas. A Tendencia general del IAF para cada especie. B. Comportamiento del IAF en *A. acuminata* solo y en mezcla. C. comportamiento de *E. pendula*, solo y en mezcla. D. comportamiento de *Q. humboldtii* solo y en mezcla.

fácilmente, la estructura de esta planta. La falta de estudios sobre adaptación y comportamiento de esta especie, no permitieron hacer comparaciones con los datos encontrados en el presente trabajo.

Con el transcurso del tiempo, se notó un incremento lineal positivo en *Q. humboldtii*, con aumento regulado en el tiempo. El roble fue la especie que menor tasa de emisión de hojas presentó, pero las hojas y las cortas ramas formaron copas compactas, las plantas tuvieron ramificación lateral restringida y eso provocó que el área de expansión de

la copa fuera baja. Es posible que esta planta trate de aprovechar al máximo la radiación fotosintéticamente activa (RFA), para producir carbohidratos que se transloquen en forma mayoritaria a la raíz, en vez de ser asignados a las ramas, tal y como lo afirman Pérez-Deveza *et al.* (2007), quienes hacen observaciones similares en *Q. suber* y Cermák *et al.* (2008), con resultados parecidos en *Q. pubescens* y *Q. ceris*.

El coeficiente de regresión lineal para la variable fue superior al 96%, lo cual, asegura un comportamiento

lineal del IAF para *Q. humboldtii*. Para ninguna de las especies, se logró obtener el IAF máximo, pues en ningún caso se cerraron surcos de siembra. El valor mayor de IAF en *Q. humboldtii* se logró al final del ensayo, como era de esperarse, con una cifra de 3, 5, inferior a la reportada por Cermák *et al.* (2008) y Drunasky & Struve (2005), quienes obtuvieron valores de IAF entre 5 y 7 para otras especies de roble.

Al observar la dinámica del IAF en *A. acuminata* sembrado en diferentes mezclas con las otras dos especies, figura 2B, se encuentra que no existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos comparados para ninguna época del ensayo. La tendencia en todos los caso fue similar y muy cercana al promedio general de la especie. En el caso de *E. pendula*, figura 2C, tres tratamientos tuvieron tendencia ligeramente decreciente pero lineal y solamente uno, la mezcla con *Q. humboldtii*, tuvo comportamiento aleatorio, independiente de la edad de la planta. El roble por su baja tasa de elongación y lento desarrollo de copa, no ejerce competencia sobre el magle, lo que sí hace directamente el aliso. Por tal motivo, los tratamientos que contiene esta especie hacen que las planta de magle tenga ramas más largas, las cuales, concentran las hojas en la parte terminal, pero hacen que el diámetro de expansión de copa esté en incremento permanente y, por tanto, se disminuya el valor de IAF, tal y como se observa en la figura 2.

E. pendula parece ser la especie más sensible a la sombra; regula su IAF produciendo un buen número de ramas para captar e invadir espacio en el menor tiempo posible y así no sufrir por estrés lumínico, mientras que *Q. humboldtii* incrementa el IAF sin tener que elongar sus ramas ni el tallo principal, sino mediante la conformación de una copa muy densa y compacta, capaz de absorber la RFA; esta radiación es en mayoría difusa, al estar bajo efectos de la sombra. Según Zhang *et al.* (2005), las especies forestales adaptadas a condiciones de altura tienen mayor capacidad fotosintética, eficiente carboxilación, contenidos de carbono y nitrógeno mayores que las plantas de selvas y sabanas tropicales. Sin embargo, se debe considerar que las especies leñosas no maximizan las tasas fotosintéticas, aun cuando las condiciones de crecimiento les sean beneficiosas (Warren & Adams, 2004), más bien regulan el proceso para disminuir, en parte, las tasas de fotorespiración y utilizar el nitrógeno en construcción de proteínas distintas a Rubisco. Si es así, *A. acuminata* será, incluso

la especie de menor eficiencia de conversión, pues los datos encontrados por Tangarife (2005) fueron de $2,6\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, comparado con datos de *Q. pannosa*, una especie cultivada en altura en China, la cual, tiene una fotosíntesis neta superior a $8\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Zhang *et al.* 2005). No se encontraron datos para *E. pendula* en la literatura científica.

Producción de hojarasca. El promedio de caída de hojarasca para los treinta meses para *A. acuminata*, *E. pendula* y *Q. humboldtii* fue 364,31, 359,05 y 126,90kg por parcela de 4m^2 , respectivamente, siendo la fracción foliar la que mayor participación tuvo en la producción total. La hojarasca encontrada y recogida no tuvo componentes medianos ni gruesos (Ramírez *et al.* 2003), solamente contenía material fin y mantillo. Los mejores valores durante esta investigación los obtuvieron *A. acuminata* y *E. pendula* (Figura 3), con sus respectivas combinaciones, sin registrar gran diferencia entre estas dos especies, *A. acuminata* presenta gran producción de hojas y un comportamiento que es característico de una especie semi-caduca, lo que representa un mayor aporte de biomasa. Además, el aporte de hojarasca es utilizado por la planta en el momento que se descompone, aprovechando altos contenidos de nitrógeno que sirve y que es necesario en la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares, siendo así una molécula esencial para el crecimiento de todos los organismos.

Al contrario, *E. pendula* presentó una menor producción de hojas, pero un alto índice de área foliar individual, aportando un volumen similar al obtenido por *A. acuminata*. Estas dos especies originaron una mayor cantidad de materia orgánica en forma de cobertura evitando la entrada directa del sol, lo que a su vez se ve reflejado en una mayor humedad para el desarrollo de microorganismos descomponedores de materia orgánica. *Q. humboldtii*, presentó la más baja producción de biomasa, aspecto que sumado a lo obtenido en las otras variables, permite definir que su comportamiento no fue favorable, debido a la baja capacidad de adaptación a condiciones secas y suelos erosionados. Al obtener la suficiente altura y tamaño de copa, el reciclaje de nutrientes, producto de la caída de hojas, acondiciona un nicho especial para su supervivencia, permitiendo que dicha especie adquiera mejor adaptabilidad. Las fluctuaciones estacionales en la producción de hojarasca están reguladas, fundamentalmente, por procesos y

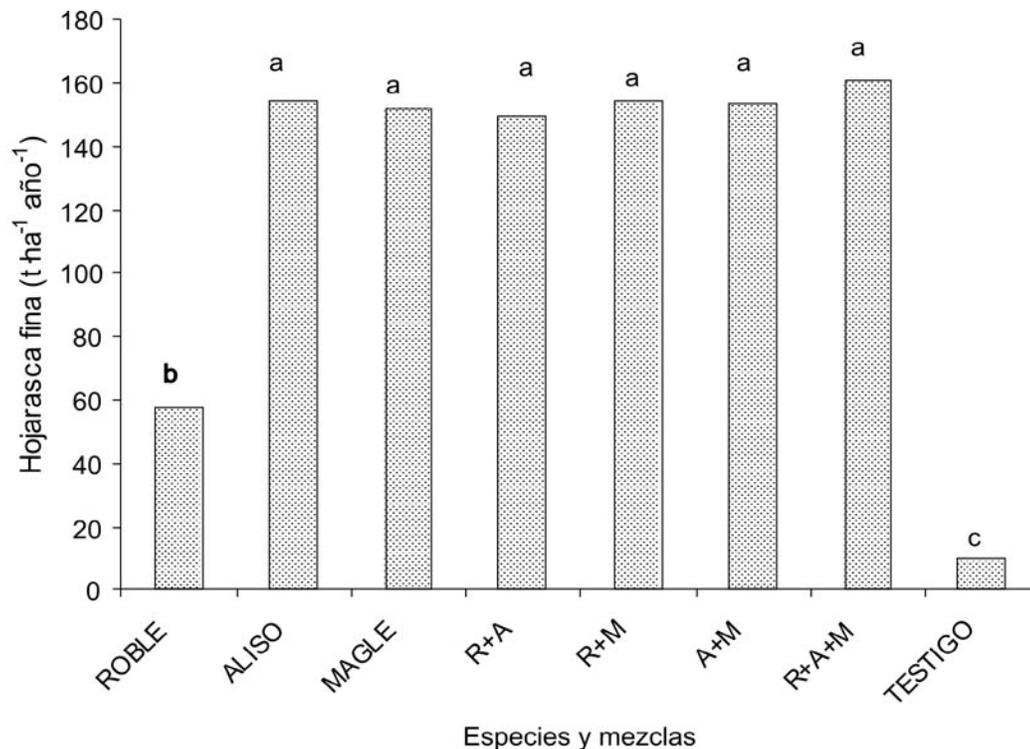


Figura 3. Estimación de la producción de hojarasca y mantillo en las parcelas de siembra de *Alnus acuminata*, *Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii* en un suelo degradado en Firavitoba-Boyacá. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

por factores biológicos y climáticos, aunque también son relevantes la topografía, las condiciones edáficas, la especie vegetal y la edad de la especie (Brown, 1997). Estudios en bosques brasileños demostraron que especies deciduas y semideciduas presentan mayor cantidad de hojas al final de la estación seca, lo que demuestra estrecha relación entre deciduidad y estacionalidad climática (Morellato, 1995; Vital *et al.* 2004). Para el presente experimento, en todos los casos, los valores de hojarasca producida son menores a los reportados por Vargas-Parra & Varela (2007), en bosques andinos de altura, los cuales, oscilaron al rededor de $8 \text{mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente trabajo, el tipo de siembra de las tres especies evaluadas no afectó su desarrollo. Se puede recomendar la siembra en tres bolillo, ya que ahorra espacio y permite tener un mayor número de plantas por área. Se demuestra que *Q. humboldtii* es una especie susceptible a la siembra

en monocultivo, siendo necesario plantar en forma intercalada, una especie de mayor tasa de crecimiento para favorecer la producción rápida de sombra y así asegurar el prendimiento y la sobrevivencia de la plantación.

Las tres especies evaluadas pueden hacer parte de un programa mixto de reforestación para la zona en estudio. De esta manera, se contribuye a la diversificación productiva y muy posiblemente, al equilibrio biológico. Ninguna de las especies llegó al IAF máximo, debido a las tasas de crecimiento lento en el trópico alto. Se sugiere seguir tomando datos para encontrar estos indicadores.

En todos los tratamientos hubo aporte substancial de hojarasca al suelo, en comparación con la porción no intervenida del predio. Queda la expectativa sobre la producción a futuro de hojarasca y el aporte de ramas gruesas y otros componentes estructurales, cuando las plantas alcancen mayor altura y las copas logren su plena formación.

BIBLIOGRAFÍA

- BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; FONTES, R.L.F.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. 2007. Evaluation of the throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. Rev. Árvore 31(2):339-346.
- BARRIOS, E.; COBO, J.G. 2004. Plant growth, biomass production and nutrient accumulation by slash/agroforestry systems in tropical hillsides of Colombia. Agrofor. Syst. 40(3):255-265.
- BENSON, D.R.; SYLVESTER, W.B. 1993. Biology of *Frankia* strains, actinomycete symbionts of actinorhizal plants. Microbiol. Rev. 57:293-319.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper 134. Roma, 55p.
- BRUIJNZEEL, L.; VENEKLAAS, E. 1998. Climatic conditions and tropical montane forest productivity: the fog has not lifted yet. Ecology. 79(1):3-9.
- CERMÁK, J.; TOGNETTI, R.; NADEZHDINA, N.; RASCHI, A. 2008. Stand structure and foliage distribution in *Quercus pubescens*, and *Quercus ceris* forest in Tuscany (Central Italy). For. Ecol. Managem. 254:118-128.
- CHADA, S.S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. 2004. Natural succession under a nitrogen-fixing legume trees stand in a hillside at Angra dos Reis - RJ, Brazil. Rev. Árvore 28(6):801-809.
- De F. COELLO, S.R.; De M. GONCALVES, J.I.; De MIRANDA, M.S.L.; MOREIRA, M.R.; DA SILVA, E.V.; LACLAUD, J. P. 2007. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. Pesq. Agrop. Bras. 42(6):759-768.
- DO, F.C.; GOUDIABY, V.A.; GIMENES, O.; DIAGNE, A. L.; DIOUF, M. 2005. Environmental influence on canopy phenology in the dry tropics. Forest Ecol. Managem. 215:319-328.
- DRUNASKY, N.; STRUVE, D.K. 2005. *Quercus macrocarpa* and *Q. prinus* physiological responses to drought stress and their potential for urban forestry. Urban For. & Urban Greed. 4:13-22.
- FEHSE J.; HOFSTEDE R.; AGUIRRE N.; PALADINES CH.; KOOIJMAN, A.; SEVINK J. 2002. High altitude tropical secondary forest: a competitive carbon sink? For. Ecol. Manage. 163:9-25.
- FRANCO, A.A.; FARIA, S.M. 1997. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. Soil Biol. and Bioch. 29(5/6):897-903.
- FRANK, B.; EDUARDO, S. 2003. Biomasa dynamics of *Erythrina lanceolata* as influenced by shoot-pruning intensity in Costa Rica. Agrofor. Syst. 57(1):19-28.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. 2006. Estudio general de suelos de los municipios de Aquitania, Cuitiva, Firavitoba, Iza, Mongui, Nobsa Sogamoso, Tibasosa, Tópaga y Tota departamento de Boyacá. Subdirección Agrológica Bogotá.
- LÓPEZ-BARRERA, F.; NEWTON, A. 2006. Edge type effect on germination of oak tree species in the Highlands of Chiapas Mexico. Forest. Ecol. Managem. 223:327-335.
- MARTÍNEZ, L.N.; MARTÍNEZ B.R. 1997. Diseño Experimental. Análisis de datos estándar y no estándar. Bogotá, Unilibros. 640p.
- MENALLED, F.D.; KELTY, M.J.; EWEL, J.J. 1998. Canopy development in tropical three plantations: a comparison of species mixtures and monocultures. Forest. Ecol. Managem. 104:249-263.
- MORELLATO, L.P.C. 1995. As estações do ano na floresta. In: Morellato, L.P.C.; Leitão Filho H.F. (Eds.) Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra. Campinas: Editora da Unicamp, p.37-41.
- MONTE, M.A.; DAS, G.F.M.; REIS, G.G.; DOS REIS, H.G., LEITE, H.G.; STOCKS, J.J. 2007. Métodos

- inderetos to estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. *Pesq. Agrop. Bras.* 42(6):760-769.
- MORENO, G.; CABRERA, E. 2008. Impact of stand density on water status and leaf gas exchange in *Quercus ilex*. *Forest Ecol. Managem.* 254:74-84.
- MURCIA, C. 1997. Evaluation of Andean alder as a catalyst for the recovery of tropical cloud forest in Colombia. *Forest. Ecol. Managem.* 99(1,2):163-170.
- MUTHURI, C. W.; ONG C. R.; NGUMI V. W.; MATI B. M. 2005. Tree and crop productivity in *Grevillea*, *Alnus* and *Pawlonia*-based agroforestry systems in semi- arid Kenya. *Forest Ecol. Managem.* 212:23-39.
- NASCIMENTO, A.R.T.; FAGG, J.M.F.; FAGG, C.W. 2007. Canopy openness and lai estimates in two seasonally deciduous forests on limestone outcrops in central Brazil using hemispherical photographs. *Rev. Árvore* 31(1):167-176.
- OELBERMANN, M.; VORONEY R.P.; GORDON A.M. 2004. Carbon sequestration in tropical and temperature agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and Southern Canada. *Agric. Ecosyst. & Environm.* 104:359-377.
- PÉREZ-DEVEZA, M.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A.; VALLEJO, R. 2007. Shrubland management to promote *Quercus suber* L. establishment. *Forest Ecol. Managem.* 253:118-128.
- RAMÍREZ, J.A.; ZAPATA, C.M.; LEÓN, J.D. 2003. Descomposición de hojarasca en bosques montanos naturales de *Quercus humboldtii* y reforestados (*Pinus patula* y *Cupressus lusitánica*) de la región de Piedras Blancas, Antioquia. 1er Simposio Forestal DCF, Medellín: U. Nacional de Colombia, p.29-35.
- SEGURA, M.; KANNINEN, M.; SUÁREZ, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes growth together. *Agrofor. Syst.* 68:143-150.
- SHIVELY, G.E.; ZELEK, C.; MIDMORE, D.J.; NISSEN, T.M. 2004. Carbon sequestration in a tropical landscape: an economic model to meditation its incremental cost. *Agrofor. Syst.* 60(3):189-197.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. 2008. Production and carbon allocation in a clonal *Eucalyptus* plantation with water and nutrient manipulations. *Forest. Ecol. Managem.* 255:920-930.
- TANGARIFE, P.G. 2005. Validación de dos modelos matemáticos relacionados con la estimación de acumulación de biomasa en las especies forestales *Alnus acuminata* H.B.K, *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus pellita*. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo, Universidad de Caldas. 84p.
- VARGAS-PARRA, L.; VARELA, A. 2007. Producción de hojarasca en un bosque de niebla en la reserva natural La Planada (Nariño- Colombia). *Universitas Scientiarum.* 12:35-49.
- VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K. 2004. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Rev. Árvore.* 28(6):793-800.
- WARREN, C. R.; ADAMS, M. A. 2004. Evergreen trees do not maximize instantaneous photosynthesis. *Trends Plant. Sci.* 9(6):270-274.
- ZHANG, S.; ZHOU Z.; HU H.; XU K.; YAN K.; LI.S. 2005. Photosynthetic performances of *Quercus pannosa* vary with altitude in the Hengduan Mountains, southwest China. *Forest Ecol. Managem.* 212:291-301.

Recibido: Junio 10 de 2008

Aceptado: Octubre 17 de 2008

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA MADURACIÓN COMPLEMENTARIA EN CURUBA (*Passiflora mollissima* Bailey)

TEMPERATURE EFFECT ON THE COMPLEMENTARY MADURITY IN BANANA PASSION FRUIT (*Passiflora mollissima* Bailey)

Yenny Carolina Botía-Niño ¹

Pedro Almanza-Merchán ²

Helber Enrique Balaguera-López ³

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la madurez complementaria de frutos de curuba variedad castilla, almacenados a bajas temperaturas, para aumentar su vida poscosecha. Se utilizó el diseño completamente al azar, bifactorial de 2x2, donde el primer factor fue el almacenamiento (continuo y no continuo) y el segundo correspondió a las temperaturas de almacenamiento (4°C y 7°C), para un total de cuatro tratamientos con tres repeticiones. En el almacenamiento no continuo, se les interrumpió la refrigeración a los frutos y se dejaron una semana a temperatura ambiente (16°C), para simular condiciones de comercialización; al cabo de este tiempo, se hicieron los respectivos análisis, junto con los frutos de refrigeración continua. Semanalmente y durante diez semanas, se llevaron a cabo evaluaciones de parámetros poscosecha, con el fin de realizar curvas de comportamiento del pH; además, se determinó el peso

específico (PE), la firmeza del fruto, los sólidos solubles totales (SST), la acidez total titulable (ATT) y el índice de madurez (IM). El almacenamiento de los frutos a 4°C y 7°C permite conservarlos por más tiempo haciendo que sus características poscosecha, se mantengan aptas para el consumo.

Palabras clave: Sólidos solubles totales, acidez total titulable, firmeza, postcosecha.

SUMMARY

The objective of the experiment was to evaluate the complementary maturity of banana passion fruit, variety Castilla, stored at low temperatures, to increase its post harvest life. The experimental design was completely randomized, bifactorial 2x2, being the first factor storage (continuous and not continuous) and the second one corresponded to the storage temperatures (4°C and 7°C) for a total of four treatments and three replicates. In not continuous storage, the fruits were left during one week at environment temperature (16°C) to simulate marketing conditions, after this time the respective analysis was made together with the fruits of continuous cooling. The post harvest parameter assessments were made weekly during ten weeks and in order to make curves of pH behavior; furthermore, the specific weight (SP), the fruit firmness, the total soluble solids (TSS), titratable acid content (TTA) and the maturity index (MI) were determined. The fruit storage at 4°C and 7°C allowed preservation for a longer period, maintaining their post harvest characteristics able for consumption.

¹ Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: inagro_yenny@yahoo.es

² Profesor auxiliar. Grupo de Ecofisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: ppcalma@gmail.com

³ Ingeniero Agrónomo, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: enrique_balaguera@yahoo.com

Key words: Total soluble solids, titratable acid content, firmness, postharvest.

INTRODUCCIÓN

La curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) es originaria de América y se encuentra distribuida en las zonas frías de los Andes suramericanos; se cultiva desde el norte de Argentina hasta México, principalmente, en Colombia y Venezuela. Se considera que la Cordillera Oriental colombiana es la zona de mayor dispersión de la especie y, posiblemente, su centro de origen (Campos, 1992).

Comercialmente, se conoce con el nombre de curuba de castilla, fruto oblongo de color amarillo pálido al madurar, con epidermis ligeramente pubescente y blanda; la pulpa es de color anaranjado y corresponde al 60% del peso del fruto, con un pH entre 3 y 3,5; las semillas son numerosas y representan 7% del peso total y la cáscara es medianamente gruesa y ocupa el 33% del peso total del fruto. El pedúnculo es medianamente largo. Es la especie más conocida a nivel comercial y tiene gran aceptación por sus características organolépticas particulares; es utilizada, principalmente, en la elaboración de jugos o cremas (Campos, 2001).

La producción nacional para el año 2006 fue de 26.492t, provenientes de 2.641ha, con un rendimiento promedio de 10t·ha⁻¹, siendo el mayor productor el departamento de Boyacá, con el 44,91% del área y el 54,25% del volumen de la producción (Agronet, 2008), principalmente, en los municipios de Sutamarchán y Turmequé. Boyacá es seguido por el departamento del Tolima, con el municipio de mayor área sembrada en el país, Cajamarca (500ha) (Asohofrucol-Dane, 2004).

El manejo inadecuado de las frutas en poscosecha es una de las causas por las cuales las pérdidas en esta etapa oscilan entre 10 y 80% (Nakasone & Paull, 1998). Es evidente la falta de tecnologías que permitan conservar la fruta por más tiempo en óptimas condiciones, por tanto, con el conocimiento de la temperatura de conservación, se ayudará a que el productor o comercializador tengan mayores posibilidades para competir con otras frutas en los mercados nacionales e internacionales, ya que la demanda de la curuba, en el extranjero, ha venido creciendo (Asohofrucol-Dane, 2004).

Bajas temperaturas y concentraciones de O₂ y altas humedades relativas son factores que reducen la respiración de la fruta, como también los cambios

fisiológicos como la oxidación, ayudando a prolongar su vida de almacenamiento (Fonseca *et al.* 2002). Reportes indican que la curuba es altamente perecedera y se debe almacenar a una temperatura de 4°C a 8°C, con una humedad relativa del 80 a 90% (Asohofrucol-Dane, 2004); Landwehr & Torres (1995) afirman que la temperatura debe ser de 7°C a 8°C, condición que concuerda con lo encontrado por Téllez *et al.* (1999; 2007).

Por lo anterior y sabiendo que la curuba es una fruta climatérica que resulta muy perecedera en su estado natural es de importancia evaluar los efectos de la temperatura sobre la madurez complementaria, con el fin de definir una temperatura que permita mantenerla almacenada por más tiempo, conservando sus características físicas, químicas y organolépticas originales.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el centro de acopio del municipio de Sutamarchán, se seleccionaron 342 frutos de curuba, con un 75% de color verde y 25% de amarillo (verde amarillo). La fruta escogida, se llevó al laboratorio del Grupo de Manejo Biológico de Cultivos (GMBC) del programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja, para someterla a tratamientos de almacenamiento a bajas temperaturas.

Se utilizó el diseño completamente al azar, bifactorial de 2x2, donde el primer factor fue el almacenamiento (continuo y no continuo) y el segundo correspondió a las temperaturas de almacenamiento (4°C y 7°C), para un total de cuatro tratamientos con tres repeticiones. En el almacenamiento no continuo, se les interrumpió la refrigeración a los frutos y se dejaron una semana a temperatura ambiente (16°C), para simular condiciones de comercialización; al cabo de este tiempo, se hicieron los respectivos análisis junto con los frutos de refrigeración continua. Las mediciones fueron cada semana durante diez semanas, para lo cual, se sacaron nueve frutos en cada medición por tratamiento para ser evaluados. Las variables determinadas fueron:

Peso específico (PE): se determinó mediante la relación del peso fresco total con el volumen de agua desplazada por la fruta en una probeta; firmeza del fruto: se realizó mediante la utilización de un penetrómetro de reloj marca BERTUZZI FT 327, el cual, expresa la resistencia a la penetración de las frutas en kg·cm⁻²; sólidos solubles totales (SST): se determinó con un refractómetro marca Atago N-1EBX; pH: en 10mL de jugo, se tomó la lectura

con un potenciómetro digital (Metrohm 692); acidez total titulable (ATT): se determinó mediante la titulación, usando 10mL de jugo, al que se le adicionó tres gotas de fenolftaleína, como indicador y con NaOH (0,1N), se estimó el volumen de NaOH gastado hasta el viraje de la fenolftaleína (pH 8,2); luego, se calculó el porcentaje de acidez a partir de la siguiente expresión: $ATT = (A \cdot B \cdot C / D) \cdot 100$ donde: A= Volumen gastado de la base de NaOH, B= Normalidad del hidróxido de sodio (0,1 N), C= Peso equivalente expresado en gramos de ácido cítrico (0.064 mg·mL⁻¹), D= Peso en gramos de la muestra utilizada (10g). De igual manera, se determinó el índice de madurez (IM), como la relación entre SST/ATT.

Se realizaron los análisis de varianza (Anova) y la prueba de Tukey, con una confiabilidad del 95%. Se hizo análisis de componentes principales, para determinar las variables de mayor impacto, así como la prueba de correlaciones lineales, con el fin de conocer la influencia entre variables, utilizando el paquete estadístico SAS v. 8.1e (Cary, N.C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH: No se presentaron diferencias estadísticas a lo largo del almacenamiento, manteniendo una tendencia estable bajo las cuatro condiciones, con excepción de la semana cinco, donde los frutos sometidos a

4°C con y sin almacenamiento continuo tuvieron un descenso brusco en el pH, para luego aumentar y estabilizarse. Caso contrario se observó para los frutos sometidos a 7°C con y sin almacenamiento continuo, donde se detectó un ascenso considerable, luego un descenso y, posteriormente, se estabilizaron (Figura 1). Sin embargo, al final del periodo de almacenamiento fueron los tratamientos de refrigeración permanente los que presentaron los valores más altos de pH y el valor más bajo, se registró con 7°C sin almacenamiento continuo, aunque sin diferencias estadísticas (Tabla 1). No obstante, son resultados un tanto atípicos si se tiene presente que el pH en la poscosecha tiende a ascender, paulatinamente, como corresponde a resultados encontrados por Sora *et al.* (2006).

Según Pantástico (1981), el incremento del pH es debido a la reducción de la acidez titulable, aunque en este estudio no se dio. El valor del pH es importante cuando la fruta tiene fines industriales, porque está relacionado con los costos de transformación del producto (Rezende *et al.* 1984).

En estudios realizados por Tellez *et al.* (2007) en curuba, con y sin encerado almacenados a 8°C y 20°C de los cultivares 'Ruizquin 1' y 'Ruizquin 2', se encontró un ligero aumento del pH con el tiempo de almacenamiento,

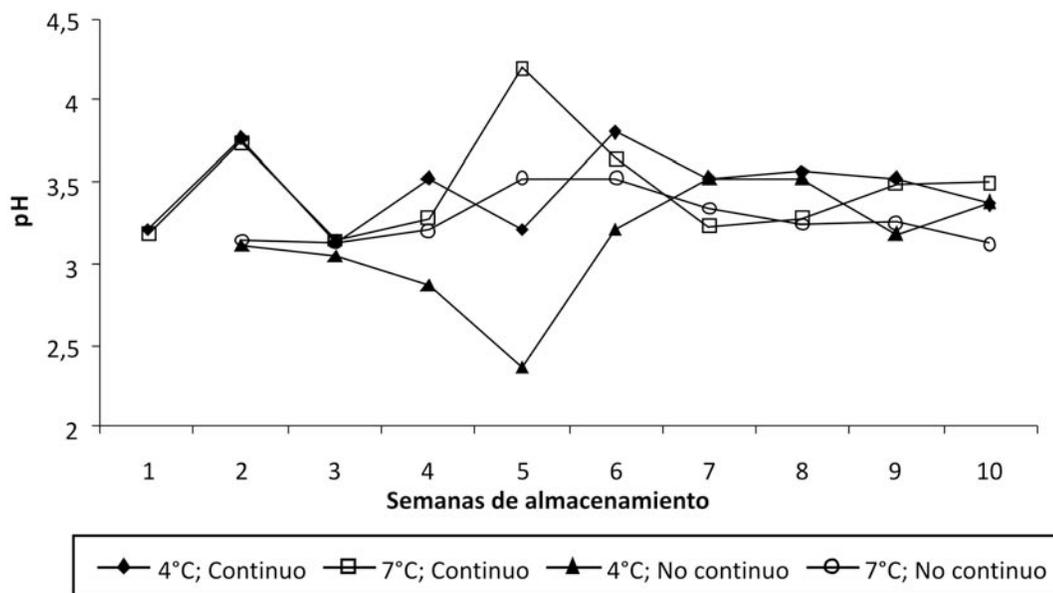


Figura 1. Comportamiento del pH en la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración, con almacenamiento continuo y no continuo.

Tabla 1. Respuesta del pH, SST, ATT, SST/ATT, PE y firmeza en la semana diez de la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración con o sin almacenamiento continuo.

PARÁMETROS	pH	SST	ATT	SST/ATT	PE (g cm ⁻³)	FIRMEZA (kgF)
Almacenamiento	ns	**	ns	**	ns	**
Continuo	3,43a	19,30b	0,24a	83,61b	1,14a	21,1a
No continuo	3,25a	20,99a	0,17a	127,44a	1,25a	4,43b
Temperatura	ns	ns	ns	ns	ns	ns
4°C	3,37a	19,91a	0,22a	100a	1,18a	12,88a
7°C	3,31a	20,38a	0,19a	111a	1,2a	12,66a
Tratamientos	ns	**	ns	ns	ns	**
4°C; Continuo	3,36a	19,16b	0,27a	74,71a	1,14a	21,11a
7°C; Continuo	3,5a	19,44b	0,21a	92,5a	1,14a	21,1a
4°C; No continuo	3,38a	20,66a	0,17a	125,54a	1,23a	4,66b
7°C; No continuo	3,12a	21,33a	0,17a	129,34a	1,27a	4,21b

Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey (0.05%). ns no hay diferencias estadísticas. ** diferencias altamente significativas.

lo que concuerda con los resultados encontrados por Villamizar (1991). Del mismo modo, Tellez *et al.* (1999) obtuvieron un pH menor del jugo en frutos de curuba almacenadas a 8°C frente a los almacenados a 20°C de los cultivares anteriormente mencionados y, aunque también se encontró un ligero aumento de este parámetro a lo largo del almacenamiento, la temperatura se convierte en un factor importante en las variaciones de las características poscosecha; en consecuencia, a menor temperatura, la variación y el valor del pH tienden a ser menor, porque las reacciones enzimáticas se ralentizan (Salisbury & Ross, 1994).

Firmeza del fruto: La tendencia encontrada, se manifestó en un paulatino ascenso en los frutos para los dos primeros tratamientos y un comportamiento opuesto para los tratamientos restantes (Figura 2). Se encontraron diferencias altamente significativas, desde la semana seis hasta el final del almacenamiento entre

los frutos almacenados a refrigeración continua y los demás tratamientos; así mismo, este efecto se debió al almacenamiento y no a las temperaturas (Tabla 1). Los frutos con refrigeración continua aumentaron la firmeza con el almacenamiento, fenómeno contrario al comportamiento normal expresado por los frutos durante la maduración, como sí ocurre en aquellos que se les interrumpió la refrigeración. Teniendo en cuenta que la sensibilidad de la curuba a las bajas temperaturas es media a baja, la refrigeración continua es un excelente método para la conservación de los frutos (Contreras *et al.* 2007).

Se ha notado que una baja temperatura es la oportunidad más importante de desacelerar el proceso de deterioro de las frutas (Téllez *et al.* 2007). Téllez *et al.* (1999) observaron que frutos, almacenados a 8°C, perdieron más lento su peso y consistencia, con una intensidad respiratoria más baja, comparado con el tratamiento

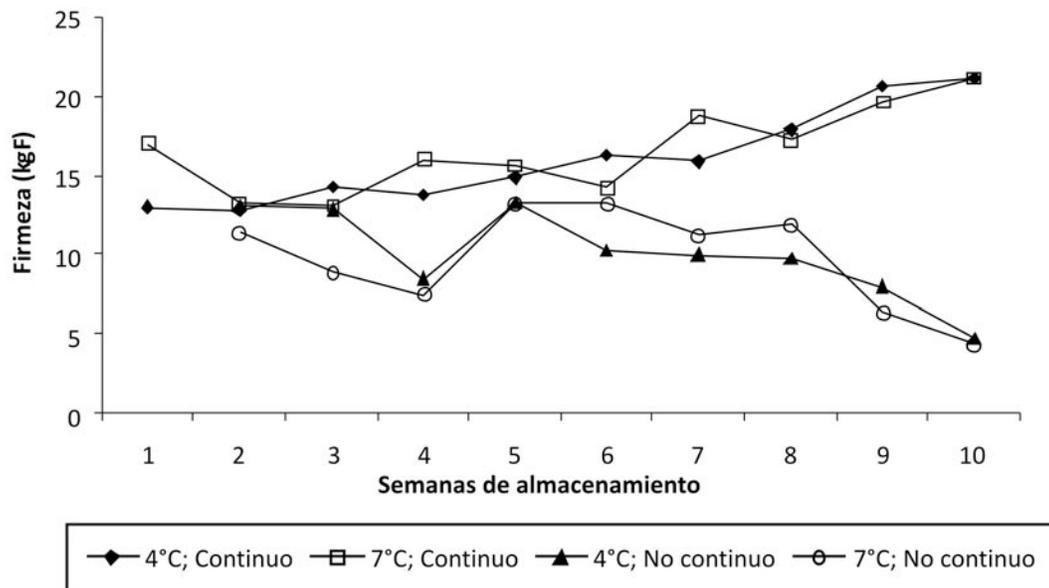


Figura 2. Comportamiento de la firmeza del fruto en la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración, con almacenamiento continuo y no continuo.

a 20°C. Urrutia (1995) encontró una disminución progresiva de la consistencia después de 28 días de almacenamiento, fenómeno ocasionado por pérdida de turgencia celular. La disminución de turgencia es en gran parte resultado de la pérdida de agua por el fruto, procedente del jugo celular, mediante transpiración (Pantástico, 1981).

La pérdida de firmeza en curuba es debida a la degradación de los carbohidratos poliméricos, especialmente, de la protopectina y hemicelulosa, para dar origen a ácidos pécticos, que son moléculas pequeñas, más solubles en agua, que ocasionan el reblandecimiento (Wills *et al.* 1998). Del mismo modo, el contenido de galactosa en las paredes celulares, también se ve afectado (Kays, 2004).

Se encontró menor tasa de ablandamiento al aplicar la cera y conservar a 8°C los frutos de curuba (Tellez *et al.* 1999; 2007). Además, el enfriamiento se convierte en una práctica aconsejable para la conservación de los frutos, tal como lo afirman Contreras *et al.* (2007).

Sólidos Solubles Totales: En la figura 3, se observa el comportamiento de los SST, que mostró un ascenso típico. Hasta la semana seis, las temperaturas de almacenamiento con o sin almacenamiento continuo no indujeron diferencias estadísticas sobre los SST. Después de esta semana, se presentaron diferencias altamente

significativas hasta el final del almacenamiento entre los frutos sometidos a refrigeración permanente y los que se les adicionó una semana a temperatura ambiente; sin embargo, el efecto se debió al almacenamiento, pues las temperaturas no presentaron diferencias estadísticas (Tabla 1). Consecuentemente, el menor contenido de SST, se debió al almacenamiento continuo, por lo tanto, la refrigeración continua permite conservar los frutos por más tiempo y la interrupción de este proceso reactiva los fenómenos normales de deterioro poscosecha.

Según Pinzón *et al.* (2007), uno de los aspectos que refleja la madurez es el comportamiento de los SST. El contenido de SST está constituido por 80 a 95% de azúcares y la medida de SST, se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al.* 1996). La acumulación de los azúcares, se asocia con el desarrollo de la calidad óptima para el consumo; aunque estos pueden ser transportados al fruto por la savia, también son aportados por el desdoblamiento de las reservas de almidón de los frutos (Wills *et al.* 1998).

Los SST tienden al aumento con la maduración, posiblemente, por la presencia de carbohidratos mono y disacáridos, representados por glucosa, fructosa y sacarosa, provenientes de la hidrólisis del almidón (Osterloh *et al.* 1996). Tellez *et al.* (2007) encontraron que una baja temperatura (8°C) de almacenamiento

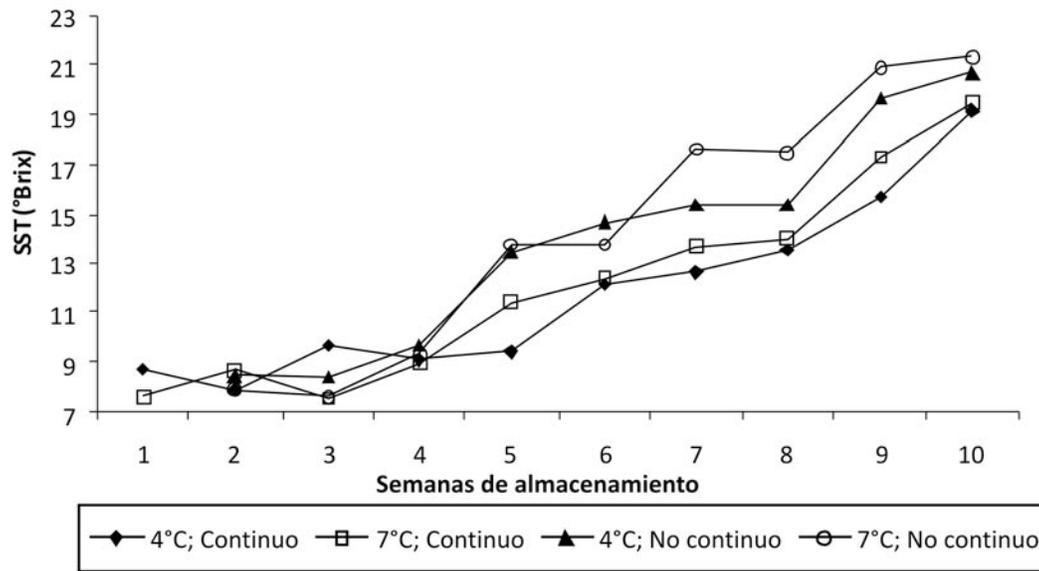


Figura 3. Comportamiento de los sólidos solubles totales en la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración, con almacenamiento continuo y no continuo.

en curuba reduce, significativamente, la respiración de los frutos en comparación a la temperatura ambiente (20°C) y, teniendo en cuenta que esta especie presenta un comportamiento climatérico (Landwehr & Torres 1995), la refrigeración retarda la llegada de la tasa máxima respiratoria, situación que se convierte en alargamiento de la vida poscosecha de los frutos de curuba (Tellez *et al.* 1999). Caso contrario, se observó en frutos de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) donde los SST fueron mayores a 12°C sin diferencias estadísticas sobre 25°C, pero menores con la presencia de encerado (Gómez, 2000).

Acidez total titulable: Los tratamientos de refrigeración continua tuvieron ascenso inesperado en el contenido de ATT en la primera semana, después de este tiempo, se observó una tendencia marcada a la disminución de la acidez. Aunque se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la semana tres y siempre permaneció el tratamiento de almacenamiento continuo a 4°C reportando los mayores valores de ATT (Figura 4), al final del estudio, todos los tratamientos fueron estadísticamente similares, incluyendo el efecto de los factores por separado (Tabla 1), el descenso de la acidez ocurre en la mayoría de los frutos a excepción del banano (Hobson, 1993). Esta disminución se debe a la actividad de las deshidrogenasas y a que los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos componentes

durante la maduración. Este descenso coincide con la acumulación de azúcares (Kays, 2004).

Es común una disminución de la acidez durante la maduración de muchos frutos, debido a la alta tasa metabólica presentada en esta fase (Osterloh *et al.* 1996). Aparte de su importancia bioquímica, los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, en una relación típica entre azúcares y ácidos en las diferentes especies de frutales (Wills *et al.* 1998; Kays, 2004).

Esto mismo fue observado en gulupa (*P. edulis Sims*), donde la ATT disminuyó a lo largo de los diferentes estados de madurez (Pinzon *et al.* 2007). Tellez *et al.* (2007) encontraron que para los cultivares de curuba 'Ruizquin 1' y 'Ruizquin 2' la ATT disminuyó con el tiempo, tendencia observada también por Úrrutia (1995), en la misma especie.

Índice de madurez: El comportamiento en los frutos de curuba almacenados fue de ascenso y, aunque no se presentaron diferencias significativas en la semana diez para los tratamientos y el factor temperatura, sí las hubo para el factor almacenamiento ($P < 0,01$) (Tabla 1); los frutos sometidos a refrigeración continua presentaron los valores más bajos durante el experimento (Figura 5), por lo tanto, estos frutos tardan más en alcanzar la madurez y se conservan por más tiempo.

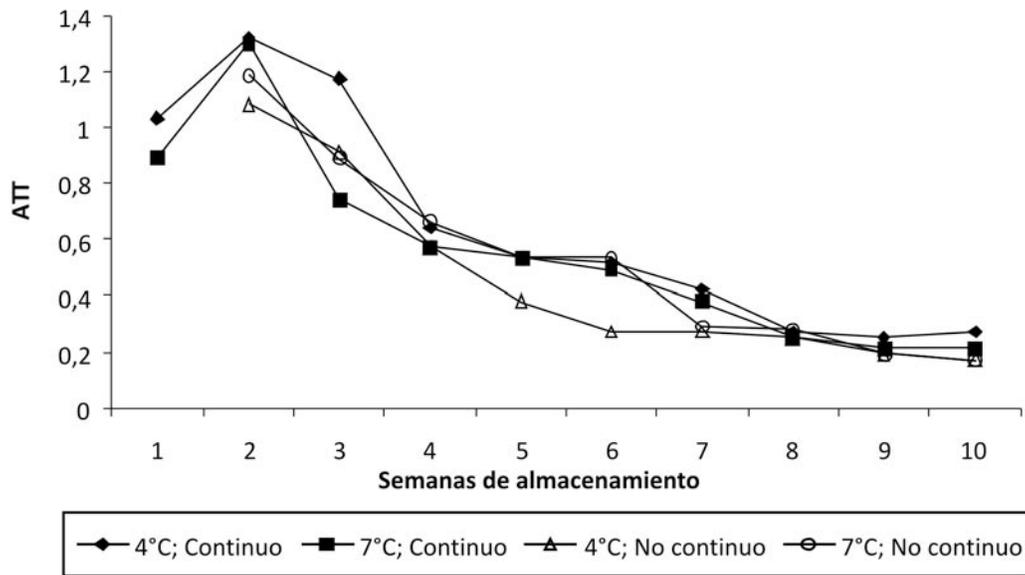


Figura 4. Comportamiento de la acidez total titulable en la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración, con almacenamiento continuo y no continuo.

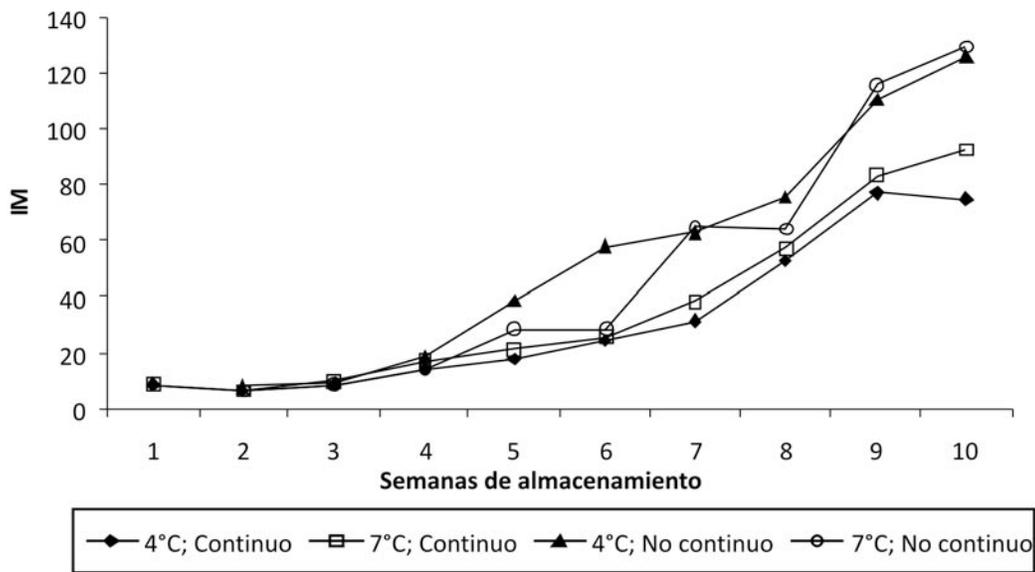


Figura 5. Comportamiento del índice de madurez en la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración, con almacenamiento continuo y no continuo.

La relación SST/ATT tiene suma importancia para el sabor del fruto y de su jugo, teniendo en cuenta al presentar el fruto alto contenido de azúcares, el nivel de los ácidos debe ser suficientemente elevado para satisfacer el gusto del consumidor (Osterloh *et al.* 1996). En general,

durante la maduración, se presenta la formación de azúcares y degradación de ácidos orgánicos (Contreras *et al.* 2007), consecuentemente, los frutos tropicales, como lo afirma Pantástico (1981), en su óptima sazón, muestran la mayor cantidad de carbohidratos y, a su vez,

presentan la mínima concentración de acidez. En los frutos climatéricos, el aumento en la relación SST/ATT posiblemente coincide con la tasa respiratoria máxima (Hernández, 2001).

Frutos de curuba con una alta relación SST/ATT tienden a ser más agradables (Tellez *et al.* 2007). Similares resultados a los del presente estudio fueron encontrados por Tellez *et al.* (1999), donde los frutos de curuba almacenados a 8°C comparados con aquellos a temperatura ambiente presentaron menor IM.

Peso específico: No se presentaron diferencias significativas al final del experimento (Tabla 1), pues

los frutos sometidos a 7°C de forma continua en la semana dos presentaron el PE más bajo y el más alto en la semana cinco. La tendencia para los diferentes tratamientos fue de discreto ascenso, donde al final del almacenamiento, los tratamientos de refrigeración continua corroboraron con el menor PE (Figura 6), lo que hace pensar que permitieron menor pérdida de peso fresco y, en consecuencia, se mantuvieron más turgentes. Por el contrario, la interrupción del proceso de frío, produce en los frutos más vulnerabilidad a la transpiración, por lo tanto, los frutos perdieron considerablemente mayor volumen respecto a su biomasa seca, por lo que predominó la transpiración sobre la respiración.

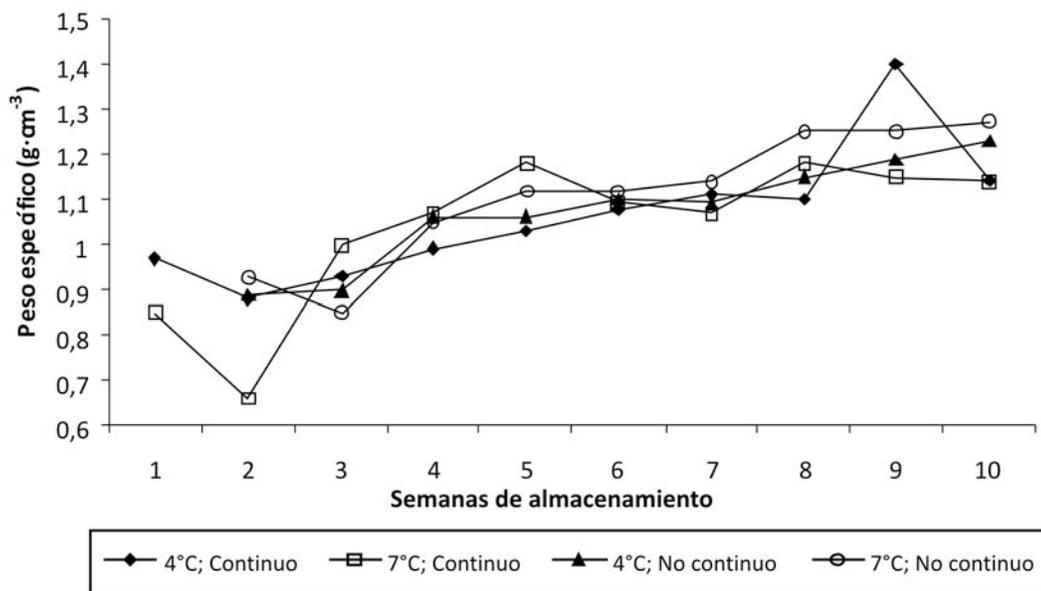


Figura 6. Comportamiento del peso específico en la madurez complementaria de frutos de curuba bajo dos temperaturas de refrigeración, con almacenamiento continuo y no continuo.

El PE depende del contenido de materia seca, del agua y del aire dentro del fruto (Osterloh *et al.* 1996). Una disminución del PE, se debe probablemente a la respiración de la sustancia orgánica, a la pérdida del agua por transpiración y a la ampliación del espacio vacío en el fruto, debido a la desintegración de los tejidos (Osterloh *et al.* 1996), como debería ocurrir en un fruto climatérico (Wills *et al.* 1998).

En concordancia, la temperatura es el factor externo más importante que afecta la respiración y es el más usado para disminuir la intensidad respiratoria y poder

augmentar la vida útil del producto (Villamizar, 1991). Leonardi *et al.* (2000) afirman que el buen control del déficit de presión de vapor reduce la velocidad de transpiración y mantiene, por mayor tiempo, el agua en las células y la turgencia en los tejidos.

Correlación entre variables: Este análisis indica que los SST, IM y el PE tienen comportamiento directamente proporcional al igual que el pH con la ATT y la firmeza. En contraposición, las primeras variables presentan relación inversa con las segundas. Se destaca una correlación de más del 55% entre los SST y el IM al igual

que con el PE; entre la firmeza y ATT es del 57,84% y entre el IM y la ATT la relación inversa indicó correlación del 90% y, ésta última, con los SST del 42,61%. Esto con el fin de demostrar que el almacenamiento a 4°C y 7°C aunque sin diferencias estadísticas, como ya se mencionó, permiten que los SST no aumenten tan rápidamente y que la disminución de la ATT sea más lenta; en consecuencia, se tiene que el IM de estos frutos se alcanza después respecto a los frutos que se les interrumpe la refrigeración con una semana a temperatura ambiente. Por tanto, la longevidad en poscosecha es mayor.

Componentes principales: Al realizar el análisis de componentes principales en la maduración complementaria de los frutos de curuba, las variables de mayor influencia fueron los SST, el IM, PE y pH. Los dos primeros ejes explican el 80,16% de la varianza y más específicamente, el orden de mayor impacto de las variables es: 75,85%, 71,06%, 56,01% y 39,88% para SST, pH, IM y PE, respectivamente. Por tanto, el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre una menor variación de estas variables poscosecha permite conservar los frutos por más tiempo, situación que se vió favorecida con el almacenamiento continuo a 4°C y 7°C.

CONCLUSIONES

La conservación de los frutos de curuba se ve favorecida con el almacenamiento a 4°C o 7°C y tiene relación directa con el tiempo de refrigeración. En caso de interrumpirse la refrigeración y someter los frutos a una semana de temperatura ambiente, se aconseja almacenarlos solo hasta la semana seis, para garantizar frutos consistentes.

La refrigeración continua permite que los frutos de curuba reduzcan las pérdidas por respiración y transpiración, de esta manera, conservan por más tiempo su turgencia y volumen característico.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRONET. 2008. Análisis-Estadísticas. La Curuba. Disponible desde internet en: <http://www.agronet.gov.co/> (con acceso 27/07/08).
- ASOHOFRUCOL - DANE. 2004. Primer Censo Nacional de 10 Frutas Agroindustriales y Promisorias. Disponible desde Internet en: www.Asohofrucol.org.co (con acceso 28/03/07).
- CAMPOS, T. 2001. La curuba, su cultivo. IICA. Santa Fe de Bogotá. 87p.
- CAMPOS, T. 1992. El cultivo de la curuba (*Pasiflora mollissima* H.B.K. Bailey) en Colombia. *Acta Hort.* 310:215-231.
- CONTRERAS, J.; GAMBA H.; FISCHER. G. 2007. Características fisicoquímicas y organolépticas de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) a dos temperaturas de almacenamiento y tipos de cera. *Ciencia y Agricultura.* 5(2):39-49.
- FONSECA S.; OLIVEIRA F.; BRECHT J. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. A review. *J. Food Engineering.* 52:99-20.
- GÓMEZ, K. 2000, Efecto de la temperatura de almacenamiento y uso de cera sobre la actividad respiratoria y algunos atributos de calidad de frutos de parchita *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener cv 'Maracuya'. *Rev. Fac. Agron. (LUZ) Venezuela.* 17:1-9.
- HERNÁNDEZ, M.S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 125p.
- HOBSON, G. 1993. Maduración del fruto. En: Azcon-Bieto, J.; Talon, M. (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal.* McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid, p.463-478.
- KAYS, S. 2004. *Postharvest biology.* Exon Press, Athens, Georgia. 568p.
- LANDWEHR, T.; TORRES. F. 1995. Manejo poscosecha de frutas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Tunja. 233p.
- LEONARDI, C.; GUICHARD, S.; BERTIN, N. 2000. High vapor pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. *Scientia Hort.* 84:285-296.

- NAKASONE, H.Y.; PAULL, R.E. 1998. Tropical fruits. CAB International, Wallingford, Inglaterra. p.17-44.
- NANOS, G.D.; KADER, A.A. 1993. Low O₂-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. *Postharvest Biol. Technol.* 3:285-291.
- OSTERLOH, A.; EBERT, G.; HELD, W.H.; SCHULZ H.; URBAN, E. 1996. Lagerung von Obst und Südfrüchten. Verlag Ulmer, Stuttgart. 253p.
- PANTÁSTICO, E.R. 1981. Fisiología de postrecolección. Vol.1. Ed. Limusa S.A. México. p.812-815.
- PINZÓN, I.; FISCHER G.; CORREDOR G. 2007 Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Col.* 25(1):83-95.
- REZENDE R., V.; MARTELETO L., O.; GOMES, A.C; DIAS V, W.; CONDE A., R. 1984. Productividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e a industrialização. *Revista Ceres* 31(177):360-387.
- SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759p.
- SORA, A.; FISCHER, G.; FLÓREZ, R. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Col.* 24(2):306-316.
- TÉLLEZ C., P.; FISCHER, G.; QUINTERO, O. 1999. Comportamiento fisiológico y físico-químico en la poscosecha de curuba de Castilla (*Passiflora mollissima* Bailey) conservada en refrigeración y temperatura ambiente. *Agronomía. Col.* 16(1-3):13-18.
- TÉLLEZ C., P.; FISCHER, G.; QUINTERO O. 2007. Comportamiento fisiológico y físicoquímico de frutos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) encerados y almacenados a dos temperaturas. *Rev. Col. Cienc. Hort.* 1(1):67-80.
- URRUTIA, G. 1995. Estudio sobre diferentes estados de madurez de la curuba (*Passiflora mollissima*) y su incidencia en el mantenimiento postcosecha. Trabajo final. Especialización en Frutales de Clima Frío. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UPTC, Tunja. 87p.
- VILLAMIZAR, F. 1991. Comportamiento fisiológico de la curuba almacenada a 3 temperaturas (18°C, 10°C y 6°C) desde la cosecha hasta la senescencia. Convenio Sena - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p.11-17.
- WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, Nueva York. 262p.

Recibido: 12 de marzo de 2008

Aceptado: Septiembre 16 de 2008