

Editorial

Para el Instituto de Investigaciones de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia es motivo de satisfacción presentar a la comunidad académica y científica la *Revista de Investigaciones de Uniagraria*, con la cual se busca brindar respuestas que armonicen con los acelerados y permanentes cambios de la época contemporánea.

Esta edición incluye artículos que muestran el resultado de procesos de investigación en diferentes áreas del conocimiento, de acuerdo con las líneas institucionales de investigación: Desarrollo rural y regional sostenible, Emprendimiento e innovación y Ambiente y sociedad.

Bajo esta perspectiva, la Revista recoge planteamientos expuestos por un grupo de investigadores que con entusiasmo, dedicación y disciplina han comprendido que el avance científico incide significativamente en el bienestar de la humanidad.

Este esfuerzo colectivo ha permitido convertir en realidad el sueño de visualizar el producto investigativo como actividad no exótica y posible de difundir, para ampliar la frontera del conocimiento.

La *Revista de Investigaciones de Uniagraria* tiene el propósito de promover una cultura que sea la piedra angular sobre la cual se apoye la tarea educativa de la Institución, encaminada a aportar a la transformación de la sociedad y a la construcción de un mundo mejor, en un contexto globalizado, de nuevos paradigmas y fascinantes desafíos.

Con esta publicación se pretende rendir culto a la ciencia y cultivar el entusiasmo por la investigación, evitando que se le considere como una actividad distante de la realidad que circunda al hombre, en el complejo y maravilloso escenario del siglo XXI.

La riqueza que encierra esta venturosa realización es factor clave para estimular procesos dirigidos a enaltecer el espíritu y engrandecer la inteligencia, con el loable objetivo de fomentar el bienestar del hombre en la sociedad de la información, frente a los nuevos hitos que surgen en un mundo cambiante.

La meta que se ha trazado el Instituto de Investigaciones se centra en consolidar de manera exitosa esta publicación para generar sinergias y fuerzas orientadas a despertar suficiente motivación en los investigadores con el propósito de anidar novedosos e innovadores pensamientos y posturas que posibiliten ampliar el ámbito científico y, en consecuencia, el progreso del país considerando, como dice Friedrich Nietzsche, que “Quien siembra en el espíritu planta un árbol a larga fecha”.

.....

* Director del Instituto de Investigaciones de Uniagraria. Bogotá, Colombia. dirinvestigacion@uniagraria.edu.co

Caracterización de materiales y sistemas constructivos rurales en el departamento de Cundinamarca

Recibido: 7 de abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

La vivienda es uno de los elementos que mayor relevancia presenta en la vida del hombre en la búsqueda de un espacio físico y espiritual para compartir con los seres queridos. El Estado colombiano en las últimas décadas ha implementado políticas encaminadas a mejorar las condiciones espaciales de las viviendas rurales, sin prestar atención a los métodos constructivos, los materiales empleados y las estructuras de las viviendas, que permitan no solo mejorar su calidad de vida sino su seguridad.

Este artículo pretende mostrar la problemática de la vivienda rural tomando como base el departamento de Cundinamarca, donde se efectuaron recorridos siguiendo las cinco zonas geográficas en que INGEOMINAS clasificó el departamento.

Palabras clave: vivienda rural, materiales, métodos constructivos, seguridad.

Description of materials and country building systems in Cundinamarca department.

Abstract

Housing is one of the elements that has greater relevance in man's life while in the search for a spiritual and physical space to share with his loved ones. In the last few decades the Colombian state has implemented policies designed to improve the space conditions of rural dwellings, with little attention to the constructive methods, materials and structure of houses, allowing not only to improve their quality of life but their safety. Therefore, the aim of this article is to show the problems of rural housing, on the basis of Cundinamarca Department, touring, the five geographical areas in which INGEOMINAS classified the department.

Key words: Rural housing, materials, construction techniques, security.

.....

¹ Ingeniera civil, Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria.

² Ingeniera civil, Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria.

El departamento de Cundinamarca está definido por la Cordillera Oriental que determina su hidrografía, topografía y dinámica atmosférica, complementado por su posición respecto al Ecuador climático, entre otras muchas características.

El estudio realizado por INGEOMINAS en el 2002 clasificó a Cundinamarca en cinco zonas fisiográficas con el objetivo de fomentar el desarrollo del departamento con base en estudios y obras civiles que utilicen esta caracterización; con el mismo propósito, el trabajo de grado denominado “Caracterización de materiales y sistemas constructivos rurales en el departamento de Cundinamarca” entrega un diagnóstico de la situación actual de la vivienda rural que ilustra, motiva y sensibiliza a la comunidad estudiantil, profesionales, legisladores y demás responsables de plantear e implementar soluciones a la problemática que se presenta en este importante sector. Las zonas son:

- Valle del Magdalena.
- Vertiente occidental de la Cordillera Oriental.
- Cordillera Oriental.
- Vertiente oriental de la Cordillera Oriental.
- Llanos Orientales.



Figura 1. Zonificación departamento de Cundinamarca

Se planteó recolectar información referente a:

- Tipo de vivienda.
- Número de pisos de las edificaciones rurales.
- Identificar los tipos de materiales empleados para estas construcciones.
- Identificar el sistema estructural utilizado en las viviendas.
- Conocer la problemática que existe en la construcción de las obras rurales en el departamento de Cundinamarca.
- Aportar material que permita a otros profesionales y a las empresas formular nuevas propuestas de diseño y reforzamiento o mejoramiento de las construcciones existentes.

Antecedentes históricos

A la llegada de los españoles en el siglo XVI Cundinamarca estaba habitado por los muisca, pertenecientes a la familia chibcha, la más avanzada y desarrollada del territorio que hoy es Colombia.

Los muisca ocuparon los valles fértiles de los ríos Funza, Bogotá, Blanco y la cabecera del río Suárez hasta la laguna de Fúquene; desarrollaron la actividad agrícola, las viviendas tenían dos formas rectangulares o circulares con cubierta de paja y bahareque, estaban cercadas artísticamente, remataban en techo cónico y contaban con puertas y ventanas pequeñas. Los chibchas no tuvieron construcciones monumentales, tanto los templos como las habitaciones eran construidos de madera, bahareque, bejucos y paja, sin contar para nada con la piedra o el ladrillo.

Durante el dominio español surgieron unas 40 poblaciones; entre ellas se destacaron Tocaíma, Vergara y Pulí; a finales del siglo XIX empezó la ocupación de las tierras de ladera del occidente del departamento, que fue determinada por el cultivo del café; allí surgieron varias poblaciones como El Colegio, Anolaima y San Antonio del Tequendama. En estos asentamientos se desarrolla la vivienda caracterizada por el uso del bahareque

y se empiezan a incorporar en ellos elementos característicos de la cultura española como el uso de la madera en puertas y ventanas, desarrollo de balcones y las cubiertas de teja de barro. Posteriormente, el desarrollo del país se concentra en las áreas urbanas y con ello la vivienda de las familias que estiman más conveniente su localización en las ciudades, ante este fenómeno los esfuerzos de las entidades privadas y públicas se dirigen a desarrollar y fortalecer los parámetros técnicos, normativos y financieros de la vivienda en suelo urbano y el suelo rural es dejado de lado.

Antecedentes normativos

El gobierno expidió el Decreto 1400 de 1984 con el Código de construcciones sismo-resistentes, luego de que el 31 de marzo de 1983 ocurriera un sismo que afectó principalmente a la ciudad de Popayán en el Cauca, lo que puso en evidencia los graves defectos estructurales en las construcciones nacionales.

Este hecho promovió la formulación y expedición de normas sobre construcciones antisísmicas, dando como resultado la Ley 400 de 1997 de Normas sobre construcciones sismo-resistentes (NSR-98), fruto de 10 años de labores de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, acompañada de los decretos 33/98 y 34/99, y luego del sismo en el eje cafetero se expide el Decreto 2809 de 2000.

En el año 2010 se promulga la Ley NSR-10 denominada Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente el cual entra en vigencia el 15 de diciembre del mismo año. Esta norma, al igual que la Ley 400 de 1997, establece un título especial para las viviendas de uno y dos pisos que por la tipología de las edificaciones rurales de nuestro país debería aplicarse y se deberían realizar campañas para su conocimiento. Lo anterior debe ir acompañado de un estímulo para los propietarios rurales que expidan licencias de construcción.

Rutas de investigación

Con la ruta 1 se cubre la zona fisiográfica 3, Cordillera Oriental (figura 2); de forma más exacta, los páramos occidentales y el altiplano cundinamarqués. A continuación se muestran los municipios que se recorrieron con esta ruta: Chía, Zipaquirá, Tausa, Ubaté, Susa, Chiquinquirá.



Figura 2. Ruta 1

Con la ruta 2 se cubre la zona de la Cordillera Oriental en las poblaciones de Chipaque y Cáqueza (figura 3). La zona 4 corresponde a la vertiente oriental de la Cordillera Oriental en las poblaciones de Quetame y Guayabetal, y finalmente la zona más alejada para nuestro propósito que es la zona 5, ya que al no existir una ruta directa dentro del departamento de Cundinamarca, se hace necesario trasladarse a través de Villavicencio, capital del departamento del Meta, y otras poblaciones circundantes, en el límite con los Llanos Orientales. Allí se recorrió hasta la población de Paratebuena, tomándola como referente de la zona para el propósito del presente trabajo.



Figura 3. Poblaciones de Chipaque y Cáqueza

Con la ruta 3 finalizamos nuestro recorrido cubriendo en la zona 3 el macizo de Sumapaz en el municipio de Silvania (figura 4). En la zona 2, vertiente occidental de la Cordillera Oriental, el municipio de Fusagasugá, y la zona 1, Valle del Magdalena en los municipios de Girardot y Ricaurte.



Figura 4. Municipio de Silvania

Análisis de resultados

El consolidado de la información recolectada en las visitas realizadas a las viviendas por las tres rutas que fueron utilizadas nos muestra que la comunidad rural del departamento de Cundinamarca reside en minifundios, las parcelas contienen la casa, una pequeña zona productiva de frutales u hortalizas y cría de animales; el desarrollo urbanístico de la zona nos muestra el fortalecimiento de vivienda dispersa.

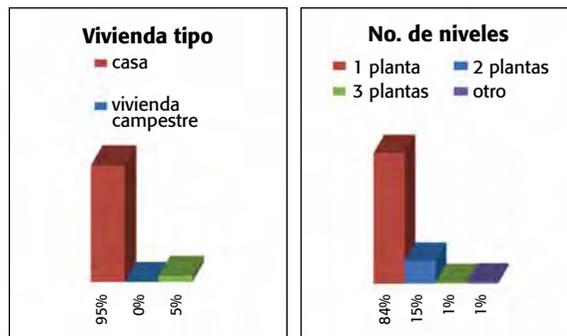


Figura 5. Tipificación de las viviendas

En cuanto al número de pisos de las viviendas localizadas en suelo rural se ha establecido que en su mayoría son de una planta, un pequeño porcentaje corresponde a edificaciones de dos pisos, con base en lo establecido en la NSR-10 se debe utilizar el título E para la construcción de las viviendas de estas características (figura 5).

Se requiere una amplia divulgación y sensibilización para promulgar e implementar los parámetros técnicos establecidos en dicha norma con lo cual se garantizarán la vida y el patrimonio de los residentes en las áreas rurales del país. Es necesario que se implementen políticas a través de las cuales la construcción de estas edificaciones esté asesorada por profesionales idóneos.

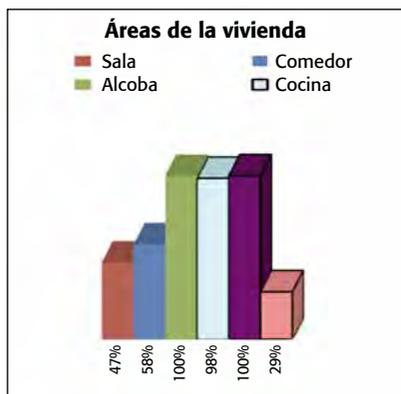


Figura 6. Distribución espacial de las viviendas

Las diferencias en los estilos de vida de las comunidades rurales y urbanas se ven reflejadas en la distribución espacial de las viviendas, tal es el caso de la sala ya que más del 50% de las residencias rurales no la tienen, el área social se traslada a la cocina o comedor (figura 6).

La totalidad de las viviendas cuentan con cocina, baño y alcoba; en las viviendas donde no está el espacio físico del comedor se emplean la cocina, los pasillos, las zonas verdes y, en los casos más críticos, las alcobas para suplirlo.

Un importante avance en el desarrollo de la comunidad rural es la disponibilidad de baño en todas las viviendas visitadas, pero muchos de ellos se encuentran en obra gris lo que favorece la aparición de bacterias y se convierten en el origen de muchas enfermedades que padecen estas comunidades; es necesario investigar, proponer e implementar programas para recubrir las zonas húmedas de estos espacios. Otro de los graves problemas identificados es la deficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas negras en las zonas rurales dado que no se cuenta con sistema de alcantarillado, en su reemplazo se utilizan pozos sépticos —muchos de ellos por fallas constructivas o por falta de mantenimiento no funcionan adecuadamente— o vertimientos directos a las fuentes de agua superficiales, lo que ocasiona un grave daño ambiental por la contaminación

del suelo, las fuentes de agua superficiales y los predios colindantes.

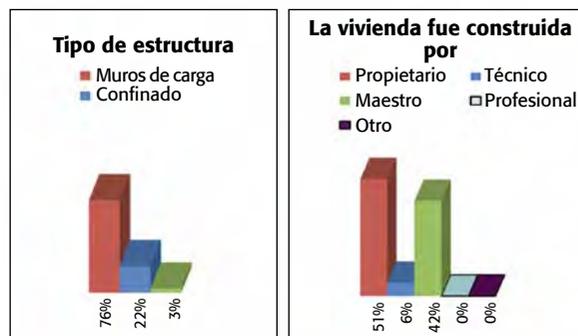


Figura 7. Especificaciones de estructura

Lamentablemente, la falta de asesoría técnica y de apoyo estatal se ve reflejado en las graves deficiencias que presentan las viviendas rurales en sus estructuras: tan solo el 22% de estas cuenta con muros confinados y el 76% utiliza el sistema de muros de carga, esta última clasificación fue dada a las viviendas que no cuentan con zapatas, columnas y vigas; asimismo, la mampostería fue mal construida, utiliza materiales de mala calidad, no tiene confinamiento y presenta otras muchas fallas que están poniendo en riesgo el patrimonio de la familias rurales, además del riesgo en el que se encuentran sus vidas puesto que estas construcciones no están diseñadas y no resistirán un movimiento sísmico de intensidad media (figura 7).

Es necesario tomar medidas urgentes que permitan desarrollar tecnologías eficientes y económicas para reforzar estructuralmente las viviendas localizadas en suelo rural y evitar así pérdidas económicas y de vidas humanas ante la presencia de fenómenos naturales.

Los resultados tabulados muestran la inexistencia total de asesoría profesional para la construcción de las viviendas, más del 50% son desarrolladas por el propietario quien no tiene ningún tipo de formación a este respecto, y el 42% de estas obras han sido ejecutadas por el maestro que

es empírico. Este es otro gran reto de la sociedad puesto que es a ellos a quienes se debe enseñar, inculcar y sensibilizar sobre el cumplimiento del título E de la NSR-10.

Características de las viviendas rurales del departamento de Cundinamarca de acuerdo con las zonas fisiográficas

Zona Uno - Valle del Magdalena

Esta zona se localiza al occidente del río Magdalena, algunos de los municipios que se ubican en esta área son: Puerto Salgar, Guaduas, Caguaní, San Juan de Río Seco, Beltrán, Nariño, Guataquí, Girardot, Nilo, Ricaurte, Agua de Dios y Tocaima, las características más relevantes son:

- Las construcciones en estos municipios extienden las cubiertas hasta los pasillos localizados al frente de las fachadas principales para convertir estos espacios en las zonas sociales de las viviendas.
- Los predios donde se localizan las viviendas tienen muy buenas áreas, también se encuentran árboles frutales y ornamentales, jardines y cercados.
- Las viviendas no cuentan con un proceso previo de obtención de licencia de construcción.
- Las viviendas rurales son dispersas, no agrupadas.
- El material predominante de las construcciones actuales es el bloque.
- Los muros en bloque son de mala calidad, no tienen un buen método constructivo, hay fallas en plome, la mezcla de pega es de mala calidad y el bloque es deleznable.
- Son pocas las viviendas que cuentan con estructura.
- Las ampliaciones de las residencias no tienen homogeneidad en materiales y las geometrías de las mismas aumentan su nivel de vulnerabilidad.
- Predominan las construcciones de un piso, hay presencia de viviendas de recreo o esparcimiento, estas son de mejor calidad que las de los nativos.
- El río Magdalena es un eje estructurante de esta zona fisiográfica que representa para la comunidad grandes beneficios económicos, paisajísticos, recreativos y de calidad de vida.
- Se observa la localización de asentamientos humanos, usos agropecuarios y de construcciones complementarias que se ubican en las riberas del río ocupando las ciénagas, por lo que en cada jornada invernal enfrentan problemas de inundación.
- Ante el desconocimiento de los riesgos y de los derechos naturales solo queda el recurso de hacer obras de protección que consisten en estructuras de aislamiento y de control de desbordamiento constituidas por diques y muros; aunque se mitiga el riesgo es latente la existencia de amenaza de un desastre; estas obras no se ejecutan a todo largo del río, sino en los tramos más vulnerables debido a los altos costos que esto implica.
- Adicionalmente, estas obras impactan el paisaje puesto que quienes navegan por el río ya no pueden apreciar los hermosos paisajes naturales —si acaso alguno de los techos de las viviendas cercanas al muro—, y los residentes de las viviendas tampoco pueden apreciar el río, solo un montón de tierra o un muro.
- Otra de las consecuencias que está trayendo este tipo de obras es que al ser construidas sobre las orillas se reducen las zonas de drenaje, es decir, que las obras de protección también están invadiendo las zonas inundables reduciéndose la sección del río, y al momento de una crecida esto produce que el volumen de agua crezca rápidamente en estas zonas y se produzcan desbordamientos.

Zona Dos - Vertiente occidental de la Cordillera Oriental

En esta región se encuentran, entre otros, los municipios de Nilo, Viotá, Apulo, Anapoima, El Colegio, Quipile, Anolaima, Cachipay, Sasaima, Viani, Síquima, Bituima, Albán, Sasaima, La Vega, Villeta, La Palma, Topaipi, Paime.

- Predominan las construcciones de un piso.
- La vivienda es unifamiliar y han aumentado las viviendas de recreo o esparcimiento.
- En esta zona se observaron varias viviendas en riesgo y con graves problemas estructurales que las hacen altamente vulnerables, se requiere en el corto plazo la implementación de programas de mejoramiento y reforzamiento.
- Las viviendas se localizan en terrenos con pendientes superiores al 30%.
- Es una zona con abundantes quebradas y amplias zonas de cultivo. Por la abundante presencia de cuerpos de agua superficial es una zona húmeda, por esta razón se utilizan elementos adicionales de ventilación para la vivienda.
- Nuevamente se observa la localización de viviendas en cercanías de quebradas y giros en mucho menor número que en el valle del Magdalena.
- No existen planos de la vivienda ni licencia de construcción.
- En la construcción de muros continúa predominando el bloque.
- No existen planos de la vivienda o expedición de licencia de construcción.
- Las viviendas para uso de recreo son de mucho mejor calidad que las de los nativos.
- Los propietarios manifiestan que la tierra ha incrementado su valor pero no les permiten vender pequeñas fracciones para invertir en las casas.
- Al ser interrogados acerca de por qué no utilizan la asesoría de profesionales, los pro-

pietarios manifiestan que sus conceptos no les generan seguridad y que, además, sus honorarios son muy costosos.

- Las placas de contrapiso se realizan con muy poco refuerzo y queda expuesto.
- El sistema que mayor presencia tiene para el manejo de aguas negras en la zona es el de pozos sépticos.
- El agua consumida en las viviendas proviene de acueductos veredales.

Zona Tres - Cordillera Oriental

Esta es la zona que cubre mayor territorio del departamento de Cundinamarca e Ingeominas la subdivide en cuatro subzonas, a saber: 3a, 3b, 3c y 3d. Las características encontradas son:

- La falta de apoyo técnico en el desarrollo de las viviendas y sus usos complementarios es total, se debe emprender un programa de capacitación para los maestros.
- Nuevamente se observa que se conservan en mejor estado las viviendas de mayor tiempo de construidas y que utilizan el ladrillo.
- Las zonas más cercanas a Bogotá, como Granada y Sylvania, tratan de imitar a la ciudad en las construcciones de dos plantas, pero sin el apoyo técnico adecuado los resultados son desastrosos.
- En esta zona aparecen las viviendas subnormales, típicas de los cordones de miseria de las ciudades, que son hechas con cartón, teja, madera, entre otros materiales, en los que la familia sabe que está sometida a inminentes riesgos por deslizamientos, sismos y demás pero, sin embargo, permanecen allí por no tener otro sitio dónde dormir o guarecer a sus hijos.
- Los residentes de las viviendas no tienen recursos para hacer mejoramiento de la unidad de vivienda.
- En el estudio se pudo observar que esta es la zona más crítica, con mayor presencia de viviendas con alta vulnerabilidad.

- Hay desarrollo de usos comerciales en zonas colindantes con las vías pero sin planeación.

Zona Cuatro – Vertiente oriental de la Cordillera Oriental

En esta zona se encuentran los municipios de Ubalá, Cáqueza y Guayabetal, el número de municipios que la componen es reducido aunque sus áreas son bastante extensas. Las características de esta zona son:

- Las viviendas no cuentan con un proceso previo de obtención de licencia de construcción.
- Las viviendas rurales son dispersas, no agrupadas.
- El material predominante de las construcciones actuales es el bloque.
- Los muros en bloque son de mala calidad, no tienen un buen método constructivo, presentan fallas en plome, la mezcla de pega es de mala calidad y el bloque es deleznable.
- Son pocas las viviendas que cuentan con estructura.
- Las ampliaciones de las residencias no tienen homogeneidad en materiales y las geometrías de las mismas aumentan su nivel de vulnerabilidad.
- El estado de las viviendas más antiguas y que utilizan el ladrillo es bueno, a diferencia de las viviendas construidas en bloque.
- El sistema que mayor presencia tiene para el manejo de aguas negras en la zona es el de pozos sépticos.
- Los residentes no tienen recursos para hacer mejoramiento de la unidad de vivienda.
- Hay ausencia total de apoyo técnico y profesional en el desarrollo de las viviendas.

Zona Cinco – Llanos Orientales

En esta zona se encuentran los municipios de Medina y Paratebuena. Sus características son:

- En estos municipios ya no hay presencia de latifundios, se observan grandes fincas, en

ellas se encuentran dos tipos de vivienda: la del propietario y la del administrador de las mismas.

- La construcción asignada al administrador es sencilla pero de calidad.
- Se presenta la contaminación con aguas residuales provenientes de las viviendas.
- Las viviendas no cuentan con un proceso previo de obtención de licencia de construcción.
- Las ampliaciones de las residencias no tienen homogeneidad en los materiales y las geometrías de las mismas aumentan su nivel de vulnerabilidad.
- Hay ausencia total de apoyo técnico y profesional en el desarrollo de las viviendas.

Conclusiones

Las zonas rurales han sido desarrolladas sin planeación y sin apoyo técnico, las construcciones existentes son ejecutadas con mano de obra no calificada, con diversos materiales, económicos y de baja calidad, esta mezcla de factores hace de las viviendas rurales una fuente de alto riesgo en el eventual caso de someterse a fuertes movimientos de los vientos o movimientos sísmicos. Ahora bien, el desarrollo del país se concentra en las áreas urbanas y con ello se crea un paradigma de la conveniencia de que las familias se localicen en las ciudades.

La vivienda es uno de los elementos que mayor relevancia presenta en la vida del hombre en la búsqueda de un espacio físico y espiritual para compartir con los seres queridos. La manera de enfrentar la necesidad de un techo en las zonas rurales ha sido básicamente a través de la autoconstrucción, los propietarios no consultan a un profesional, son asesorados por los maestros de la zona o el mismo propietario ejecuta los trabajos de construcción.

Por las deficiencias detectadas en las edificaciones, en las últimas décadas el Estado colombiano ha implementado políticas encaminadas a

mejorar las condiciones espaciales de las viviendas rurales, sin que se preste atención a los métodos constructivos, los materiales empleados y las estructuras de las viviendas que permitan no solo mejorar su calidad de vida sino su seguridad. Los arraigos culturales aumentan la brecha de la prestación de los servicios profesionales a las comunidades rurales.

Es tan grave la problemática que el programa de mejoramiento de viviendas rurales no tiene mayor impacto, además, el papeleo y el cumplimiento de requisitos es muy exigente y muchos propietarios desertan antes de obtener el beneficio.

Adicionalmente, el costo de los materiales se incrementa por el transporte de los mismos, por esta razón, para reducir costos los propietarios utilizan materiales de río o de las fuentes cercanas sin analizar sus características.

El sistema de tratamiento de aguas negras es generalmente el de pozo séptico, existen algunos pequeños sistemas de conducción de aguas negras a fuentes superficiales aguas abajo sin tratamiento o con un sistema de tratamiento que por falta de mantenimiento ya no funciona.

La cobertura del sistema de energía es total en el departamento, esta es una evidencia de que las zonas rurales pueden ser atendidas, es necesario analizar sus esquemas técnicos y económicos, así como su justa rentabilidad, lo que podría ser la fórmula de su implementación masiva.

El marco regulatorio actual determina que las viviendas de uno y dos pisos deben cumplir lo establecido en el título E de la NSR-10, lo que garantizará una vivienda sismo-resistente, es decir, diseñada con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de las fuerzas causadas por fenómenos naturales.

Además, se debe sensibilizar al propietario acerca de que los costos para construir una vivienda sismo-resistente son mínimos, si se realiza correctamente; también se le debe indicar el he-

cho de que una edificación sismo-resistente está prediseñada para no dañarse en forma grave ni colapsar fácilmente en caso de terremoto.

Otra de las prioridades es sensibilizar al habitante rural de la importancia de construir y vivir en una vivienda segura porque además de proteger a las personas en caso de terremoto, se protege su pequeño patrimonio con reglas sencillas tales como: la vivienda debe ser sismorresistente y brinda seguridad a las personas en caso de terremoto y se protege su pequeño patrimonio.

Las edificaciones del suelo rural

El trabajo de campo realizado para recolectar la información que permitió la formulación de la tesis de grado nos permitió recorrer varias zonas rurales del departamento de Cundinamarca y, además, evidenció una grave problemática de la vivienda rural que es el reflejo de lo que ocurre en el territorio nacional.

La comunidad rural es la principal fuente de la alimentación del país; esto, unido a las exportaciones del sector, la convierte en uno de los renglones más importantes de la economía nacional. Sin embargo, paradójicamente las viviendas en las cuales reside esta población presentan graves deficiencias de diseño y construcción, algunas de las causas de este dramático panorama serán descritas a continuación:

La legislación que ha adoptado el país ha incentivado y apoyado el desarrollo de la vivienda urbana, el suelo rural ha sido provisto de programas de mejoramiento pero el número de residencias atendidas es muy bajo y las intervenciones aumentan espacios pero no mejoran las condiciones constructivas porque se dirigen principalmente a la construcción de ampliaciones y colocación de acabados.

La formación que está brindándose a los profesionales incentiva el desarrollo profesional en las áreas urbanas donde se adquiere rápidamente experiencia y estabilidad económica, entre otros muchos beneficios.

Adicionalmente, la formación profesional se concentra en el desarrollo de infraestructuras del suelo urbano, construcción de edificaciones verticales, desarrollo de servicios para edificaciones concentradas, por mencionar algunas; por el contrario, la investigación y el enriquecimiento de la academia en el desarrollo de edificaciones rurales tales como pesebreras, marraneras, galpones, invernaderos y otros muchos espacios que requiere el suelo rural, ha sido lastimosamente relegado por las necesidades de la vivienda urbana.

Otro gran problema con el que se debe enfrentar la comunidad rural consiste en el costo de los servicios profesionales que se deben cancelar por el diseño y la supervisión de las edificaciones rurales; el Estado asigna la función de supervisión a las Oficinas de Planeación solo cuando se desarrollan proyecto de urbanismo de gran envergadura quedando solo la opción de los servicios particulares privados, además de que el recurso humano disponible en las alcaldías no es suficiente.

Dentro de la variada gama de universidades del país es la Fundación Universitaria Agraria de Colombia la llamada a revolucionar el sector rural, es allí donde está su esencia. Por la alta implicación social que tiene este sugerimos a la Universidad profundizar sobre esta problemática.

Para abordarla se debe sectorizar el país y a fin de obtener un resultado homogéneo es necesario que la Universidad estandarice los parámetros de desarrollo de este tipo de trabajos para poder tener resultados claros, contundentes y veraces, que le permitan tomar acciones frente a la problemática.

Las universidades deben organizar programas de sensibilización y de capacitación que generen credibilidad y confianza para luego hacer un programa de apoyo técnico.

Referencias bibliográficas

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2002). *Manual de construcción, evaluación*

y rehabilitación sismo resistente de viviendas en mampostería. Bogotá.

Cámara de Comercio de Bogotá (2005). *Caracterización provincias de Ubaté, Sumapaz, Sabana Centro, Guavio, Oriente, Almeidas, Medina, Soacha*.

Fedevivienda - Programa de Gestión Urbana de Naciones Unidas y de UNHabitat (2002). *Lineamientos de política de hábitat regional del departamento de Cundinamarca*. Bogotá.

INGEOMINAS (2002). *Mapa geológico del departamento de Cundinamarca. Memoria explicativa 2002*. Bogotá: INGEOMINAS.

INGEOMINAS (2005). *Mapa división administrativa del departamento de Cundinamarca provincias y municipios*. Bogotá: INGEOMINAS.

Infografía

http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoConocimiento/H/historia_de_cundinamarca/historia_de_cundinamarca.asp

http://www.co.all-biz.info/regions/?fuseaction=adm_oda.showSection&rgn_id=15&sc_id=2

<http://pwp.supercabletv.net.co/garcru/colombia/Colombia/indios.html>

<http://piscuilofoto.nirudia.com/photos/normal/piscuilofoto-20080326204941.jpg>

Red vial nacional año 2001. Instituto Nacional de Vías

http://www.gyjferreterias.com/index.php?option=com_content&task=view&id=76&Itemid=39.

http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoConocimiento/A/atlas_de_cundinamarca_2008_demografia/atlas_de_cundinamarca_2008_demografia.asp

[http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoMedios/Documentos PDF/lineamientos, política hábitat.pdf](http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoMedios/Documentos PDF/lineamientos_politica_habitat.pdf)

<http://www.cenac.org.co/>

Efecto de la inclusión en la dieta de una levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre parámetros productivos de pollos de engorde. Experiencia desde el aula de clase

Recibido: 9 de abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

Dentro de la asignatura de Nutrición y Alimentación de no Rumiantes se llevó a cabo un experimento en el Ecoparque Pinares de Tenjo, propiedad de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA, para evaluar los efectos de dos niveles (0 y 0,5%) de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) granulada comercial Levapan® sobre parámetros productivos en pollos de engorde del día uno al día trece de edad. Se utilizaron cien pollitos Ross machos de un día de nacidos, que fueron divididos en cuatro grupos de veinticinco animales cada uno, aleatorizando dos grupos a las réplicas por tratamiento. Se midieron los pesos, ganancia de peso, consumo alimenticio, eficiencia alimenticia e índice de mortalidad durante el periodo experimental. Los resultados mostraron que el uso de una levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) comercial en dietas para pollo de engorde Ross de uno a trece días no tuvo efectos significativos generales sobre su desempeño ($p > 0,1$), pero sí tuvo influencia positiva sobre la mortalidad. Sin embargo, la dieta que contenía 0,5% de levadura comercial comparada con la dieta control tuvo los menores consumos de alimento ($p < 0,001$) durante todos los periodos y hubo una diferencia numéricamente importante ($p < 0,1$) en conversión alimenticia en el periodo del día 11 al 13, favoreciendo a la dieta que incluía la levadura. Si bien es cierto que la levadura no afectó la ganancia de peso de manera marcada, sí tuvo influencia sobre el consumo de alimento, por tanto, se podría incluir este nivel en la dieta de pollos de engorde de manera segura ahorrando en alimento.

Palabras clave: levadura, probiótico, pollo de engorde, parámetros productivos, nutrición.

.....

¹ Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria. Docente tiempo completo Área de Nutrición Animal, Programa de Zootecnia, Bogotá, Colombia. macastro@uniagraria.edu.co.

² Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria. Director Especialización Nutrición y Alimentación Animal Tropical Sostenible (NAATS). Área de Nutrición Animal y Ciencias Estadísticas, Bogotá, Colombia. gcorredor@uniagraria.edu.co.

The effect of dietary inclusion of commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on productive parameters of broilers. An experience in the classroom

Abstract

To comply with Nonruminant Nutrition and Feeding subject an experiment was conducted in “Ecoparque Pinares de Tenjo”, property of Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA to evaluate the effects of two levels (0 and 0.5%) of granular commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Levapan® on productive parameters in broiler chickens during an experimental period (1-13 days of age). One hundred day-old commercial Ross male broiler chicks were divided to 4 groups of 25 chicks each. Then 2 groups were allocated to one of the 2 experimental diets, randomly. Data were collected for body weight, weight gain, feed intake, feed efficiency and mortality ratio during the experimental period. Results showed that the use of commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets of day-old Ross broilers to 13 d old had no significant effect on the performance of male broiler chickens ($p > 0.1$), but that level of yeast had positive influence on mortality. However, treatment containing 0.5% of commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in comparison to the control group had the lowest feed intake ($p < 0.001$) during each experimental period and there was a tendency to improve feed conversion ratio from 11 to 13 d old in favor of treatment with yeast. The results suggested that yeast had no significant effect on weight gain, but did have an effect on feed intake, consequently we could include that level in broiler chicks diet safely, saving in their food.

Key words: Yeast, probiotic, broiler chicken, productive parameters, nutrition.

Introducción

Las levaduras son hongos unicelulares microscópicos, la mayoría ascomicetos que tienen formas ovales o cilíndricas y su división es habitualmente por gemación. Las levaduras normalmente no desarrollan un micelio, sino que permanecen en estado unicelular durante todo su ciclo de crecimiento. Sin embargo, algunas pueden filamentosas como la *Candida albicans*. Las células de levaduras son mucho más grandes que las bacterianas y pueden distinguirse no solo por su tamaño, sino por la presencia obvia de elementos intracelulares tales como el núcleo, y tienen la capacidad extraordinaria de crecer y sobrevivir con o sin oxígeno (Rose, 1987). La mayoría de los cultivos de levaduras con fines industriales se derivan del género *Saccharomyces* y especie

cerevisiae, utilizados generalmente en el sector cervicero, vinícola y panadero, de tal manera que no es sorprendente que esta levadura sea aceptable en términos nutricionales y toxicológicos para su uso en animales (Rose, 1987; Fuller, 1989; Hooge, 2004; Rosen, 2007; Morales-López *et al.*, 2009; Moslehi-Jenabian *et al.*, 2010).

Estos microorganismos se han considerado benéficos dadas sus características especiales y al observar que al ser suministrados directamente o a través de sus compuestos derivados mejoraban el metabolismo, la salud y producción de los animales (Glade y Biesik, 1986; Wiedmeier *et al.*, 1987; Cole *et al.*, 1992; Castro y Rodríguez, 2005; Morales-López, 2007). Por tanto, la suplementación de levaduras puede tener la habilidad de estimular la digestión y ayudar a mantener el equilibrio microbial del intestino de pollos de en-

gorde (Castro y Rodríguez, 2005; Morales-López, 2007; Fasina y Thanissery, 2011) y lechones con un papel que contrarresta el estrés derivado por cambios en dietas, condiciones deficientes de manejo, y ataque de patógenos especialmente en lechones durante la transición de una dieta líquida a sólida (Kornegay *et al.*, 1995; Anderson *et al.*, 1999; van Heugten *et al.*, 2003; Castro y Rodríguez, 2005). En general, las enzimas, vitaminas, minerales traza como el selenio y otros nutrientes o factores de crecimiento contenidos en las levaduras también originan respuestas de producción benéficas en los animales (Kornegay *et al.*, 1995; Castro y Rodríguez, 2005).

La inclusión de levaduras y sus derivados en dietas para animales no rumiantes puede incrementar la ganancia de peso durante el crecimiento y mejorar la eficiencia alimenticia, sin aumentar el consumo de alimento (Jurgens *et al.*, 1997; Miazzo y Kraft, 1998; Churchil *et al.*, 2000; Parks *et al.*, 2001; Miazzo *et al.*, 1995, 1997, 2001a, 2001b, 2003 y 2005; Gao *et al.*, 2008).

Cabe destacar que la levadura es considerada como un probiótico con características prebióticas especiales, ya que dentro de la composición de su pared contiene mananos, que aparte de servir como sustrato a microorganismos benéficos, sirve para controlar microorganismos patógenos y sus toxinas debido a que tiene capacidad para bloquear su adherencia a la pared intestinal del hospedero, estos mananos ligan las bacterias que se adhieren por la fimbria tipo I (*E. coli* y *salmonella*). Además de este componente de pared existe otro denominado B-glucano, ambos tienen la virtud de mejorar la función del sistema inmune no-específico (Line *et al.*, 1998; Castro y Rodríguez, 2005).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un aditivo tan importante como es la levadura sobre los parámetros productivos de pollo de engorde, dentro del marco de la asignatura de Nutrición y Alimentación de no Rumiantes.

Materiales y métodos

El experimento de campo se realizó en la sección de avicultura del Ecoparque Pinares de Tenjo, propiedad de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia –Uniagraria, el cual es destinado a la docencia universitaria agropecuaria. Ubicado en la vereda Carrasquilla del municipio de Madrid, Cundinamarca, a 22 km del casco urbano y a 6,5 km del municipio de Tenjo, con un área de 11.9723 hectáreas (18,7 fanegadas). Cuenta con un clima frío semihúmedo con una temperatura promedio de 12 °C y una altitud de 2685 msnm, con una precipitación anual de 800 mm y una humedad relativa del 70% (Uniagraria, 2012). Esta sección posee un galpón donde se ubicó un encierro elaborado por los estudiantes con cuatro compartimentos para alojar los animales en piso, bajo un calefactor a gas, durante todo el periodo experimental (figura 1). En cada sección se ubicaron comederos de bandeja y bebederos de campana.



Figura 1. Revisión del estado general de los pollos de engorde

Dietas y fases experimentales del estudio

Los tratamientos correspondientes a este estudio fueron: Tratamiento 1: control sin levadura y Tratamiento 2: dieta control más levadura comercial Levapan® presentación granulada. Se manejó un sistema de alimentación por fases, así: dieta de preinicio (1 a 7 días de edad), y una dieta de inicio (8 a 13 días de edad) elaboradas por los estudiantes. La composición de cada dieta fue de 22 y 21% de proteína cruda respectivamente, y de 3000 y 3050 Kcal/kg⁻¹ de EMA respectivamente. El agua y el alimento se ofrecieron a voluntad.

Animales

Para cumplir con los objetivos se utilizaron cien pollos de engorde machos de un día de la estirpe Ross, los cuales fueron suministrados por una incubadora comercial. Los pollos fueron pesados individualmente a su llegada y se aseguró que cada réplica fuera uniforme respecto al peso corporal, cuyo propósito era asegurar la homogeneidad y reducir de esta manera el error experimental. Veinticinco pollitos estaban asignados a cada réplica de tal manera que cada tratamiento contó con dos réplicas. Las aves fueron vacunadas de acuerdo con el plan sanitario del Ecoparque (figura 2).



Figura 2. Práctica de vacunación

Parámetros productivos

Todos los pollos se pesaron individualmente los días 1, 3, 7, 10 y 13, en los mismos días se determinó la cantidad de alimento consumido por los animales y se calculó la conversión y la eficiencia alimenticia para cada uno de estos periodos y para el total. Todos los días se supervisó el estado de cada uno de los animales y se registraron las mortalidades existentes para determinar la supervivencia por efecto de cada tratamiento, todo esto supervisado por los estudiantes (figura 3). Los porcentajes de mortalidad fueron transformados antes del análisis estadístico usando la fórmula $\sqrt{x+0,5}$ (Steel y Torrie, 1980).



Figura 3. Pesaje de los pollos y su registro

Análisis estadístico

Los datos se analizaron bajo un diseño completo al azar y su descripción correspondiente fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij},$$

donde:

μ : Media poblacional, T: Efecto de tratamientos, i: dieta control, dieta control más levadura al 0,5%, j: 4 réplicas, ϵ : Error experimental $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Y_{ij} : Parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso corporal, conversión y eficiencia alimenticia).

Tabla 1. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre ganancia de peso (g) de pollos de engorde Ross machos

| Tratamiento | Días 1 al 3 | Días 4 al 7 | Días 8 al 10 | Días 11 al 13 | Periodo experimental total |
|---------------------------|-------------|-------------|---------------------|---------------|----------------------------|
| Control | 20.471 | 27.297 | 27.250 ^a | 32.793 | 107.731 |
| Dieta con levadura (0,5%) | 19.565 | 24.771 | 23.530 ^b | 32.536 | 100.968 |
| Probabilidad | NS | NS | * | NS | NS |

NS: $p > 0,1$, + $p < 0,1$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

a, b: promedios en letras diferentes dentro de columnas difieren significativamente de acuerdo al 95% IC.

Los datos fueron analizados por Anova usando el procedimiento General Linear Models (GLM) de SAS versión 9 (SAS, 2004). Se utilizó la prueba de Tukey para separar la media de los tratamientos experimentales ($p < 0,05$) y el porcentaje de mortalidad se comparó mediante prueba t de Student.

el periodo total del experimento (días 1 al 13) ($p > 0,1$). Sin embargo, se encontró una diferencia significativa durante el periodo de inicio correspondiente a los días 8 al 10 ($p < 0,05$) siendo menor el peso para el tratamiento que incluía la levadura (tabla 1 y figura 4).

Resultados

Ganancia de peso

La ganancia de peso de pollos de engorde machos Ross no se vio afectada en general por la inclusión de levadura al 0,5% a una dieta completa, durante el periodo experimental de preinicio (días 1 al 7) ni en sus periodos intermedios (días 1 al 3 y días 4 al 7) (tabla 1), ni en el periodo de inicio correspondiente a los días 11 al 13, ni en

Consumo de alimento

La inclusión de una levadura comercial (Levapan®) en un nivel de 0,5% en una dieta completa para pollos de engorde influyó en el consumo de alimento de manera significativamente importante, durante todos los periodos experimentales de preinicio (días 1 al 3 y 4 al 7) ($p < 0,001$), inicio (días 8 al 10 y 11 al 13) ($p < 0,001$) y total (días 1 al 13) ($p < 0,001$) siendo menor para este tratamiento comparado con el control (tabla 2 y figura 5).

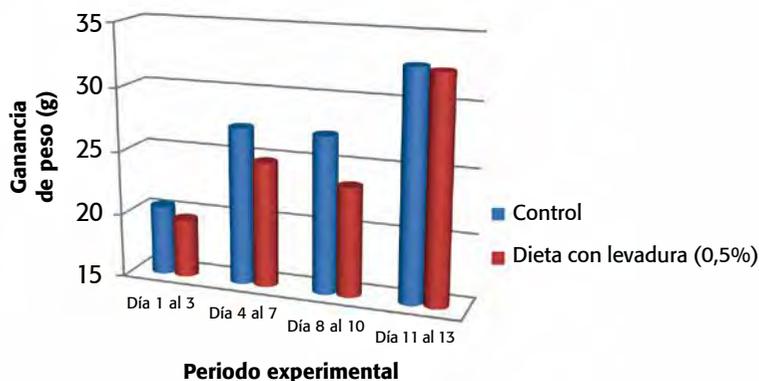


Figura 4. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre ganancia de peso (g) de pollos de engorde

Tabla 2. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre consumo de alimento (g) de pollos de engorde Ross machos

| Tratamiento | Días 1 al 3 | Días 4 al 7 | Días 8 al 10 | Días 11 al 13 | Periodo experimental total |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| Control | 23.5647 ^a | 76.0096 ^a | 61.6490 ^a | 57.4806 ^a | 218.6226 ^a |
| Dieta con levadura (0,5%) | 21.9588 ^b | 75.1286 ^b | 57.2027 ^b | 55.7240 ^b | 209.9082 ^b |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** | *** |

NS: $p > 0,1$, $+p < 0,1$, $*p < 0,05$, $**p < 0,01$, $***p < 0,001$

a, b: Promedios en letras diferentes dentro de columnas difieren significativamente de acuerdo al 95% IC.

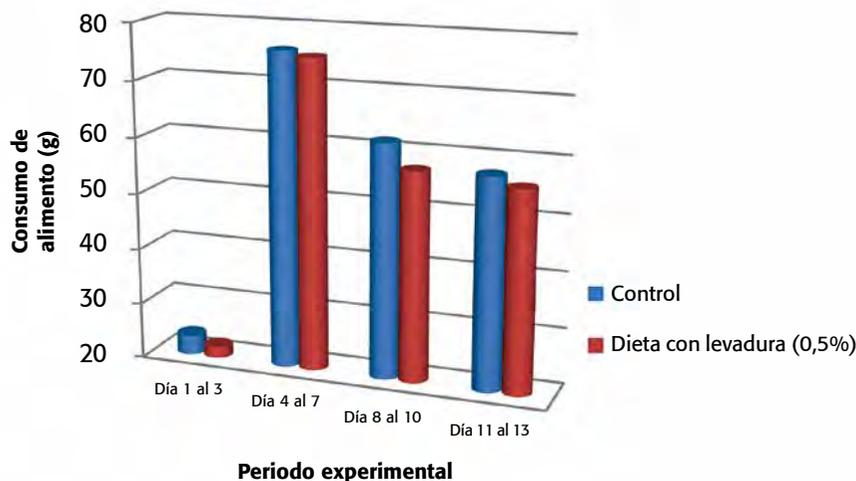


Figura 5. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre consumo de alimento (g) de pollos de engorde

Conversión alimenticia

No se presentaron diferencias significativas en la conversión alimenticia debida a los tratamientos durante los periodos experimentales ($p > 0,1$) a excepción del periodo correspondiente a los días 11 al 13, que tuvo una tendencia a disminuir la conversión alimenticia ($p < 0,1$) por efecto de la adición de una levadura comercial Levapan® a una dieta completa en un nivel de 0,5% (tabla 3 y figura 6).

Eficiencia alimenticia y mortalidad

La eficiencia alimenticia durante todos los periodos experimentales no fue afectada por la adición de la levadura comercial Levapan® en un nivel de 0,5% a la dieta completa para pollos de engorde ($p > 0,1$) (tabla 4 y figura 7). La mortalidad fue más elevada en el periodo correspondiente al día 11 hasta el 13, para el tratamiento control sin levadura, mostrando un menor índice el tratamiento de la dieta con levadura comercial ($p < 0,05$) (tabla 5 y figura 8).

Tabla 3. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre conversión alimenticia de pollos de engorde Ross machos

| Tratamiento | Días 1 al 3 | Días 4 al 7 | Días 8 al 10 | Días 11 al 13 | Periodo experimental total |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------------------------|
| Control | 1.3371 | 3.666 | 2.511 | 2.8690 | 2.3233 |
| Dieta con levadura (0,5%) | 1.2698 | 3.204 | 2.446 | 1.9087 | 2.0798 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | + | NS |

NS: $p > 0,1$, $+p < 0,1$, $*p < 0,05$, $**p < 0,01$, $***p < 0,001$

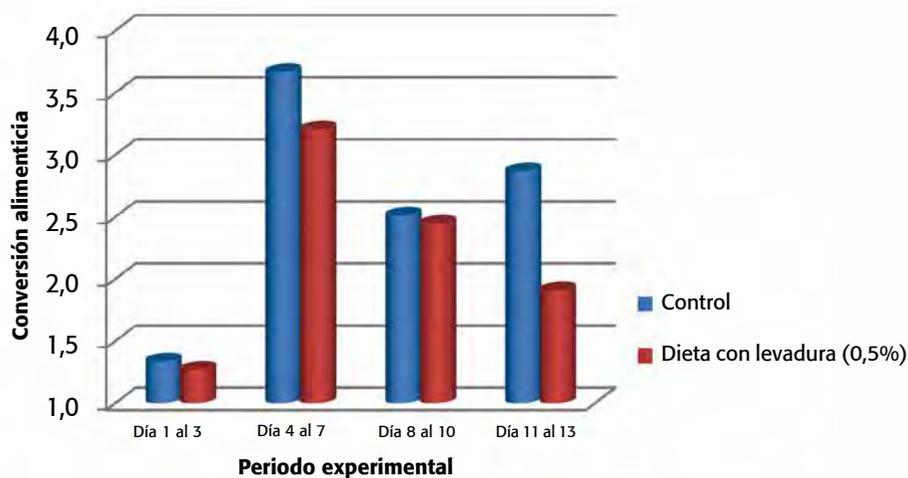


Figura 6. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre conversión alimenticia de pollos de engorde

Tabla 4. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre eficiencia alimenticia (%) de pollos de engorde Ross machos

| Tratamiento | Días 1 al 3 | Días 4 al 7 | Días 8 al 10 | Días 11 al 13 | Periodo experimental total |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------------------------|
| Control | 88.439 | 35.861 | 44.234 | 58.847 | 49.266 |
| Dieta con levadura (0,5%) | 86.945 | 33.075 | 40.955 | 56.668 | 48.081 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS | NS |

NS: $p > 0,1$, $+p < 0,1$, $*p < 0,05$, $**p < 0,01$, $***p < 0,001$

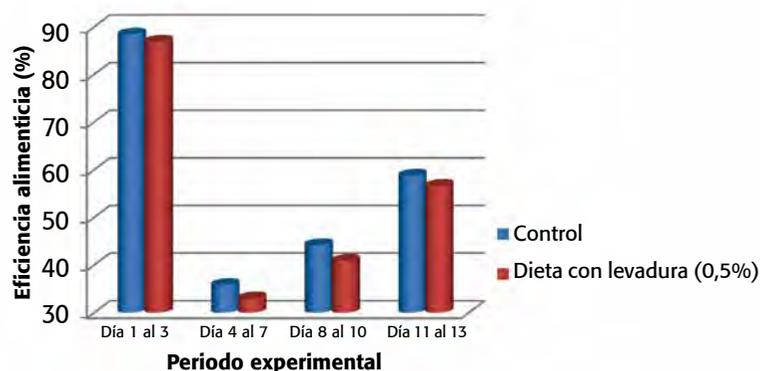


Figura 7. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre eficiencia alimenticia (%) de pollos de engorde

Discusión y conclusiones

En el presente estudio, debido a la inclusión de una levadura comercial en un nivel de 0,5%, se encontró un efecto marcado sobre el consumo de alimento ($p < 0,001$), ya que los menores índices se obtuvieron en este tratamiento sin afectar la ganancia de peso, por tanto, se puede usar de manera

segura este nivel en dietas completas para pollos de engorde ahorrando en alimento. Igualmente, hubo una tendencia a mejorar la conversión alimenticia disminuyéndola en un nivel de -0,96 puntos y la mortalidad fue menor para el grupo de animales que fue sometido al tratamiento en mención (tabla 5 y figura 8). No se presentaron mortalidades sino hasta el periodo comprendido entre los días

Tabla 5. Efecto de una levadura comercial Levapan® sobre la mortalidad (%) de pollos de engorde Ross machos

| Tratamiento | Días 1 al 3 | Días 4 al 7 | Días 8 al 10 | Días 11 al 13 |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| Control | 0 | 0 | 0 | 8a |
| Dieta con levadura (0,5%) | 0 | 0 | 0 | 2b |
| Probabilidad | NS | NS | NS | *** |

NS: $p > 0,1$, + $p < 0,1$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

a, b: promedios en letras diferentes dentro de columnas difieren significativamente de acuerdo al 95% IC.

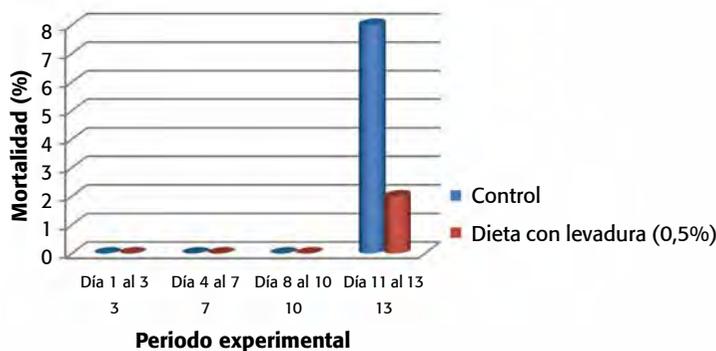


Figura 8. Efecto de una levadura comercial (Levapan®) sobre la mortalidad (%) de pollos de engorde

11 y 13; al analizar este periodo se encontró que el tratamiento con levadura tuvo efecto sobre la mortalidad, ya que la disminuyó significativamente ($p < 0,001$), frente al tratamiento control.

Estos resultados son consistentes con los encontrados por Pelicia *et al.* (2004) y Gusils (2001) —este último autor desafió los pollos de engorde con salmonella y diferentes fuentes de probióticos—, quienes refieren que se observó una baja mortalidad cuando se incluyeron probióticos en el alimento de estos animales. Por tanto, se puede asumir que la adición de estos productos en dietas para pollos de engorde reduce la mortalidad, si se compara con las dietas que no tienen estos biológicos. Esto es debido a la colonización del tracto intestinal por los probióticos, lo cual confiere alta resistencia a las aves, de acuerdo a su mecanismo de acción (Andreatti Filho y Sampaio, 1999).

Por otra parte, en experimentos como los de Miazzo *et al.* (1995, 1997, 1998, 2001a), quienes realizaron varios trabajos donde se incluyó la levadura del género *Saccharomyces cerevisiae* en distintos porcentajes en las dietas de pollos de engorde en sus diferentes etapas de vida, se encontró que cuando se adicionó entre 0,5 y 1,5% de levadura a dietas de iniciación y finalización se obtuvieron diferencias significativas tanto para la ganancia de peso como para la conversión alimenticia. En otras investigaciones se mejoraron los parámetros mencionados en pollos de engorde que recibieron una suplementación de *Saccharomyces cerevisiae* entre 0,2 y 1% en sus raciones (Churchill *et al.*, 2000; Upendra y Yathiaraj, 2003), Zhang *et al.* (2005) probaron en 240 pollos de engorde de un día de edad los efectos de los componentes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* sobre el desempeño en el crecimiento, calidad de la carne y desarrollo de la mucosa ileal. Este experimento contó con 4 tratamientos dietarios, levadura completa, extracto de levaduras y pared celular los cuales fueron adicionados en niveles de 0,3 y 0,5% respectivamente a dietas control de inicia-

ción y finalización. De 0 a 3 semanas de edad se observó una conversión alimenticia más baja ($p \leq 0,05$) con pared celular, mientras que las aves de 4 a 5 semanas alimentadas con la levadura completa mostraron una conversión alimenticia más baja comparada con el control. De las 0 a 5 semanas de edad la levadura completa y la pared celular dieron las más altas ganancias de peso respecto al control.

En otros estudios —en los que se utilizaron pollos de hasta seis semanas de vida a los que se les administraron dietas deficientes de vitamina B6 ($0,6 \text{ mg/kg}^{-1}$)— se encontró que al agregarles 2% de *Saccharomyces cerevisiae* mejoraron el crecimiento y disminuyeron los trastornos nerviosos comparados con los pollos que no fueron suplementados con la levadura (Masse y Weiser, 1994). Asimismo, Miazzo *et al.* (2001b) observaron mejoras en las variables productivas, tanto en la etapa de inicio como de finalización, cuando realizaron la sustitución del 0,05 y 0,1% del núcleo vitamínico-mineral con 0,3% de levadura. En otro ensayo Miazzo *et al.* (2003) reemplazaron dos tercios de la premezcla vitamínica mineral en una dieta de finalización de pollos de engorde a la que se agregó 0,15 y 0,3% de *Saccharomyces cerevisiae*. Se encontró que el aporte de este aditivo, sobre todo la dieta que contenía el mayor porcentaje, aumentó la ganancia de peso y mejoró la conversión alimenticia de las aves. Valdivie (1975) reportó que la conversión alimenticia de pollitos de engorde de 0 a 9 semanas de edad mejoró de manera significativa a medida que el nivel de *Saccharomyces cerevisiae* se incrementaba.

Para futuros estudios de la misma naturaleza se recomienda probar niveles diferentes de levadura comercial Levapan®, ya que no se pudo esclarecer con este experimento si puede existir un efecto de niveles de inclusión diferentes a los probados en este trabajo sobre los parámetros productivos. De la misma manera, se debe ensayar durante más tiempo o hasta terminar el ciclo de producción (42 días), aunque ese era el propósito de este expe-

rimento, ya que los efectos de los probióticos son más acuciosos durante la fase de estructuración del animal cuando sus sistemas enzimático, digestivo e inmune son inmaduros (Linge, 2005; Zhang *et al.*, 2005; Gao *et al.*, 2008). Igualmente, sería importante realizar estudios adicionales para ver si el efecto sobre la supervivencia y el desempeño de pollos de engorde podría estar influido por la mejora en la salud intestinal, digestibilidad de nutrientes y dinámicas microbiales tanto patógenas como benéficas.

Agradecimientos

A través de este artículo se hace un especial reconocimiento a la labor y esfuerzo de los alumnos: Gloria Ivón Cárdenas, Johnattan Baquero Chingaté, Germán Castiblanco, Alejandra Curubo Duarte, María Paula Higuera Eslava, Gustavo Andrés Macualo, Diana Mahecha Guerrero, Yolanda Mayerly Montaña Olaya, David Santiago Ospina, Divany Andrea Rodríguez Gómez, Enrique Rodríguez Rivera, David Rey Pardo, Danny Rojas, Andrea Sánchez Lenguerke y Jessica Sepúlveda; y a la colaboración del administrador del Ecoparque Pinares de Tenjo, Juan Sua Romero y al técnico Gustavo Lozano.

Referencias bibliográficas

- Anderson, D. B., Mccracken, V. J., Aminov, R. I., Simpson, J. M., Mackie, R. I., Verstegen, M. W. A., Gaskins, H. R. (1999). Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. En *Pig News and Information*, 20, 115N-122N.
- Andreatti-Filho, R. L., Sampaio, H. M. (1999). Probióticos e prebióticos realidade na avicultura industrial moderna. *Revista de Educação Continuada do CRMV*, 2 (3), 59-71.
- Castro, M. M., Rodríguez, F. V. (2005). Levaduras: Probióticos y Prebióticos que mejoran la producción animal, 6 (1), 26-38.
- Cole, N. A., Purdy, C. W., Hutcheson, D. P. (1992). Influence of yeast culture on feeder calves and lambs. *Journal of Animal Science*, 70, 1682-1690.
- Churchil, R., Mohan, B., Viswanathan, K. (2000). Effect of supplementation of broiler rations with live yeast culture. *Cheiron*, 29 (1-2), 23-27.
- Fasina, Y. O., Thanissery, R. R. (2011). Comparative efficacy of a yeast product and bacitracin methylene disalicylate in enhancing early growth and intestinal maturation in broiler chicks from breeder hens of different ages. *Poultry Science*, 90, 1067-1073.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 65 (5), 365-378.
- Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., *et al.* (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87, 1377-1384.
- Glade, M. J., Biesik, L. M. (1986). Enhanced N retention in yearling horses supplemented with yeast culture. *Journal of Animal Science*, 62, 1635-1640.
- Gusils, C. (2001). Alimentación probiótica para pollos. En 38° Congreso Latino Americano de Avicultura. Guatemala, pp. 625-631.
- Hooge, D. M. (2004). Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide. *International Journal of Poultry Science*, 3, 163-174.
- Jurgens, M. H., Rikabi, R. A., Zimmerman, D. R. (1997). The effect of dietary active dry yeast supplement on performance of sows during gestation-lactation and their pigs. *Journal of Animal Science*, 75, 593-597.
- Kornegay, E. T., Rhein-Welker, D., Lindemann, M. D., Wood, C. M. (1995). Performance and nutrient digestibility in weanling pigs as influenced by yeast culture additions to starter diets containing dried whey or one of two fiber sources. *Journal of Animal Science*, 73, 1381-1389.

- Line, J. E., Bailey, J. S., Cox, N. S., Stern, N. J., Tompkins, T. (1998). Effect of yeast supplemented feed on Salmonella and Campylobacter populations in broilers. *Poultry Science*, 77, 405-410.
- Linge, P. (2005). The use of probiotics and yeast derivatives in India. *World Poultry*, 21 (10), 12-15.
- Masse, P. G., Weiser, H. (1994). Effects of dietary proteins and yeast *Saccharomyces cerevisiae* on vitamin B6 status during growth. *Ann Nutr Metab*, 38 (3), 123-131.
- Miazzo, R. D., Kraft, S., Moschett, I. (1995). Dos niveles de levadura cerveza (*S. cerevisiae*) como promotor natural de crecimiento en parrilleros. *Revista Argentina de Producción Animal*, 15 (2), 662-663.
- Miazzo, R. D., Kraft, S., Pico, M. (1997). Crecimiento mejorado de parrilleros al adicionar levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) a sus dietas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 17 (Supl.1), 71.
- Miazzo, R. D., Kraft, S. S. (1998). Yeast a growth promoter for broilers. Abst. 10th. European Poultry Conference. Jerusalem, Israel.
- Miazzo, R. D., Peralta M. F., Reta, S. F. (2001a). Yeast (*S. cerevisiae*) as a natural additive for broiler chicken diets. Proc. XV European Symposium on the Quality of Poultry Meat. Turkey. WPSA-Turkey Branch, pp. 175-177.
- Miazzo, R. D., Peralta, M. F., Reta, S. F., Hurrass, F., Pico, M. (2001b). Levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) como sustituto del núcleo vitamínico mineral en dietas para parrilleros. *Revista Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9 (supl 1), 75-78.
- Miazzo, R. D., Peralta, M. F., Reta, S., Vivas, A. (2003). Use of brewer's yeast (*S. cerevisiae*) to replace part of the vitamin mineral premix in broiler diets. Proc. IX World Conference on Animal Production. Session 6: Poultry Nutrition and Production, p. 160.
- Miazzo, R. D., Peralta, M. F., Picco, M. (2005). Performance productiva y calidad de la carnal en broilers que recibieron levaduras de cerveza (*S. cerevisiae*). *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6 (12), 1-9.
- Morales-López, R. (2007). Las paredes celulares de levadura de *Saccharomyces cerevisiae*: un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y la salud del pollo de engorde. Tesis de Doctorado en Producción Animal. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos.
- Morales-López, R., Auclair, E., García, F., Esteve-García, E., Brufau, J. (2009). Use of yeast cell walls; β -1, 3/1, 6-glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets. *Poultry Science*, 88, 601-607.
- Moslehi-Jenabian, S., Pedersen, L., Jespersen, L. (2010). Beneficial effects of probiótico and food borne yeasts on human health. *Nutrients*, 2, 449-473.
- Parks, C. W., Grimes, J. L., Ferket, P. R., Fairchild, A. S. (2001). The effect of mannanoligosaccharides, bambarmycins, and virginiamycin on performance of large white male market turkeys. *Poultry Science*, 80, 718-723.
- Pelícia, K., Méndez, A. A., Saldanha, E. S. P. B., Pizzolante, C. C., Takahashi, S. E., Moreira J., et al. (2004). Use of prebiotics and probiotics of bacterial and yeast origin for free-range broiler chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 6 (3), 163-169.
- Rose, A. H. (1987). Yeast culture, a microorganism for all species: A theoretical look at Its mode of action. Proceedings. Alltech's third annual symposium. Biotechnology in the Feed Industry. Ed. T. P. Lyons. Nicholasville, Kentucky. Estados Unidos, pp. 113-118.
- Rosen, G. D. (2007). Halo-analysis of the efficacy of Biol.-MosR in broiler nutrition. *British of Poultry Science*, 48, 21-26.
- SAS (2004). Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT. Version 9. Cary. NC. Users guide Statical Analisis System. Institute, Inc. Cary, W.C.

- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. (1980). Principles and procedures of statistics. New York: McGraw-Hill.
- Upendra, H., Yathiraj, S. (2003). Effect of supplementing probiotics and mannanoligosaccharides on body weight, feed conversion ratio and livability in broiler chicks. *Indian Vet. Journal*, 80 (10), 1075-1077.
- Uniagraria (2012). Ecoparque Universitario Pinares de Tenjo [sede Web]. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria. Recuperado de: http://www.uniagraria.edu.co/html/eco_parque.html.
- Valdivie, M. (1975). *Saccharomyces* yeast as a by-product from alcohol production on final molasses in diets for broilers. *Cuban J. Agric. Sci.*, 9, 327-331.
- Van Heugten, E., Funderburke, D. W, Dorton, K. L. (2003). Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. *Journal of Animal Science*, 81, 1004-1012.
- Wiedmeier, R. D., Arambel, M. J., Walters, J. L. (1987). Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science*, 70, 2063-2068.
- Zhang, A. W., Lee, B. D., Lee, S. K., An, G. H., Song, K. B., Lee, C. H. (2005). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poultry Science*, 84, 1015-1021

La alimentación saludable y los alimentos funcionales

Recibido: 9 de abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

Los alimentos funcionales son aquellos que consumimos habitualmente, ya sea de manera natural o procesada, que además de proveer beneficios en la nutrición humana son capaces de prevenir algunas enfermedades. En la actualidad, los consumidores son cada día más exigentes en cuanto a la alimentación, y buscan aquellos productos que además de proveer la energía necesaria para las actividades diarias, posean compuestos que contribuyan a su nutrición y al mejoramiento del estado físico y mental. En esta revisión se mencionan ciertos conceptos básicos sobre alimentos funcionales y algunos que por sus propiedades nutritivas son incluidos dentro de este grupo.

Palabras clave: alimentación, nutrición, alimentos funcionales.

Healthy diet and functional foods

Abstract

Functional foods are those foods that are eaten regularly, either naturally or processed, which in addition to providing benefits in human nutrition are able to prevent some diseases. Nowadays, consumers are more demanding in terms of feeding, and seek products that not only provide the energy needed for their daily activities, but possess compounds that contribute to their nutrition and improvement of their the physical and mental status. In this review certain basic concepts on functional foods are mentioned and some foods that are included in this group for its nutritional properties.

Key words: Diet, nutrition, functional foods.

.....

¹ Ingeniera de alimentos; magíster en Formulación y Tecnología del Producto; docente de tiempo completo, Programa Ingeniería de Alimentos y Agroindustrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia. miranda.patricia@uniagraria.edu.co

² Estudiante X semestre de Ingeniería de Alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia. dmarcesierra@yahoo.com

Introducción

En la actualidad el consumo de alimentos ha cambiado, esto se puede observar por el desarrollo de los nuevos productos que se encuentran en el mercado como funcionales, nutracéuticos, nuevos alimentos, alicamentos, etc., que cada día se promocionan en los medios de comunicación. Las personas en general buscan una alimentación balanceada o sustitutos que ayuden a controlar o prevenir ciertas enfermedades, en Colombia los alimentos funcionales procesados más conocidos son los productos fortificados, a los cuales se agrega uno o varios micronutrientes para controlar la carencia de los mismos o mejorar su calidad nutricional. Así mismo, existen los alimentos lácteos con prebióticos y probióticos que ayudan a mejorar la flora intestinal.

Es importante mencionar que aunque a nivel nacional no existan normativas referentes a los alimentos funcionales, algunas regulaciones alimentarias en Colombia relacionan alimentos con propiedades adicionales para la salud.

En esta revisión bibliográfica se presentan algunos conceptos básicos sobre los alimentos funcionales, así como la procedencia de los mismos, y algunos productos funcionales y sus propiedades más relevantes, con el objetivo de dar una idea sobre sus beneficios al ser incluidos en una alimentación balanceada.

Conceptualizaciones

Los alimentos funcionales son aquellos que consumimos habitualmente, que además de proveer beneficios en la nutrición humana son capaces de prevenir algunas enfermedades.

A través de los años muchos autores han tratado de concretar esta definición (Schneider, 2001; Mazza, 2000; Robertfroid, 2000; O'Donnell, 1998), incluso algunos asemejan este tipo de alimentos a medicinas; un claro ejemplo fue hace 2500 años, cuando el sabio Hipócrates dijo “que tus alimentos sean tu medicina y los me-

dicamentos tu alimento” (Juárez, 2010). Otros los han denominado nutracéuticos, es decir, que tienen tanto funciones nutricionales como farmacéuticas (Webb, 2006; Ashwell, 2004). Así mismo, existen términos usados para describir los productos naturales que en la actualidad han sido desarrollados en beneficio de la salud, entre ellos se encuentran los farmalimentos; alimentos diseñados, específicos para un grupo de la población; vitalimentos; fitoquímicos, que enfatizan las fuentes vegetales de la mayoría de los compuestos preventivos de enfermedades (Vasconcellos, 2001); fitoalimentos y alicamentos, siendo estos la combinación de alimentos con medicamentos para mejorar el cuerpo y la mente (Oomah y Mazza, 2000; Small y Catling, 1999) y que han sido diseñados para situaciones clínicas determinadas, y se deben usar siempre bajo supervisión médica (Gil y Martínez, 2010).

El Instituto de Medicina de Washington los define como aquellos alimentos que abarcan productos potencialmente saludables incluyendo cualquier alimento modificado o ingrediente que pueda proporcionar un beneficio para la salud además de los nutrientes tradicionales que contiene (Webb, 2006).

El International Life Sciences Institute (ILSI), de Europa, propuso una serie de conceptos y definiciones con el fin de proporcionar bases para el futuro desarrollo científico de la alimentación funcional. Según el ILSI, un alimento se puede considerar “funcional” si se demuestra satisfactoriamente que, además de sus efectos nutritivos, afecta benéficamente a una o más funciones del organismo de modo que mejore el estado de salud o bienestar o reduzca el riesgo de enfermedad (Diplock *et al.*, 1999).

Los alimentos funcionales son un concepto no definido aún de forma consensuada en la comunidad científica. La definición más interesante que se evidencia en la bibliografía es la aludida por Silveira *et al.* (2003), quienes expresan que un alimento funcional es aquel que contiene

un componente, nutriente o no nutriente, con actividad selectiva relacionada con una o varias funciones del organismo, con un efecto fisiológico añadido por encima de su valor nutricional, y cuyas acciones positivas justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional (fisiológico) o incluso saludable. Además, los autores expresan que las fronteras son difusas —tanto con los medicamentos como con casi cualquier alimento— en el más amplio de los sentidos.

Por otro lado, es importante aclarar que los alimentos funcionales y los alimentos nutraceuticos son dos conceptos diferentes, los segundos son productos aislados o purificados de los alimentos que generalmente son vendidos en forma de medicinas, estos demuestran que tienen un beneficio fisiológico o proporcionan protección contra enfermedades crónicas (Health Canadá, 1998; Oomah y Mazza, 2000). Ambos son conocidos porque previenen algún tipo de enfermedad, pero los nutraceuticos generalmente son los nutrientes de los alimentos que se venden en cápsulas, comprimidos y polvos.

Algunos antecedentes de los alimentos funcionales

Pareciera que la noción de alimentos funcionales es reciente, pero realmente se conocen principios de este concepto en Oriente, desde la cultura China en donde se daba una relación alimento-medicina hacia el año 1000 a. C. *Yellow Emperor's Internal Classic* es probable el primer libro clásico donde se dan algunas bases teóricas de la medicina china (745-221 a. C.), allí se encuentran algunos apuntes sobre dietas médicas (Cortés *et al.*, 2005; Lu, 2003; Cadaval *et al.*, 2005).

Por otro lado, los griegos tenían la creencia de que el alimento estaba íntimamente ligado a la salud (Cadaval *et al.*, 2005), incluso utilizaban algas marinas para combatir el bocio (enfermedad caracterizada por el aumento de tamaño de la glándula tiroides) (Godnic, 2007).

El concepto de alimento funcional como se conoce actualmente surgió en Japón a causa de la

preocupación de la población por las enfermedades relacionadas con el estilo de vida. En 1991, el Ministerio de Salud y Bienestar de Japón es el primero en establecer una política que permitía legalmente la comercialización de alimentos funcionales bajo el nombre de “alimentos para usos de salud específicos” (FOSHU). En 1993, luego de detallados estudios y ensayos de intervención clínica, el arroz hipoalergénico sería el primer producto FOSHU aprobado (Vidal, 2008; Godnic, 2007; Cadaval *et al.*, 2005; Arai, 2002).

La llegada de las dos guerras mundiales provocó hambruna en la población, y esto impulsó a los diferentes gobiernos a establecer verdaderos programas de enriquecimiento de alimentos con toda clase de nutrientes esenciales, con la finalidad de corregir o prevenir las deficiencias alimenticias que sufría un sector muy amplio de la población (Cortés *et al.*, 2005).

En Europa y Norteamérica el interés por el concepto de alimento funcional ha surgido recientemente debido a la evidencia científica de la relación existente entre salud y dieta. Hasta los primeros años de la década de los ochenta, los estudios se enfocaron principalmente hacia las enfermedades por déficit de nutrientes, mientras que a partir de ese momento los estudios se encaminaban a describir el potencial de los alimentos (Cadaval *et al.*, 2005).

En Europa, el abordaje científico del estudio de la alimentación funcional nace de la mano del proyecto Functional Food Science in Europe (FUFOSE) promovido y patrocinado por diferentes instituciones; este propone una serie de conceptos y definiciones de consenso encaminados a proporcionar fundamentos apropiados para el futuro desarrollo de la alimentación funcional (Salazar, 2006; Farjas, 2003).

En Estados Unidos se permite desde 1993 que se aleguen propiedades “que reducen el riesgo de padecer enfermedades” en ciertos alimentos. Las alegaciones están autorizadas por la Food and Drug Administration (FDA), siempre que existan

evidencias científicas públicamente disponibles y haya suficiente consenso científico entre los expertos de que dichas alegaciones están respaldadas por pruebas (Coccaro, 2010).

En Latinoamérica es reciente el conocimiento de los alimentos funcionales, en algunos países las autoridades sanitarias reconocen legalmente las propiedades saludables de determinados alimentos (Sarmiento, 2006; Joensen, 2008), sin embargo, en Brasil existe una regulación en la que se define como funcional un componente alimenticio, nutritivo o no, que puede producir efectos benéficos para la salud, sin ser un medicamento (Lajolo, 2002).

En Colombia se ha despertado un reciente interés por el tema de los alimentos funcionales, y las universidades y los centros de investigación comienzan a consolidar grupos de trabajo en el tema (Sarmiento, 2006). Actualmente, pese a que aún no existe un mercado especializado, la tendencia al consumo de estos alimentos ha generado un cambio en la dinámica de la industria alimentaria colombiana, estimulando la creación de nuevos productos y tecnologías (Osorio, 2010). Existen algunas normas que regulan aquellos alimentos con propiedades adicionales para la salud, por ejemplo: el Decreto 1944 de 1996 reglamenta la fortificación de la harina de trigo y establece las condiciones de comercialización, rotulado, vigilancia y control (Ministerio de Salud Pública, 1996); la Resolución 17855 de 1984 donde se mencionan las recomendaciones diarias de consumo de calorías y nutrientes (Ministerio de Salud, 1984); el Decreto 1324 de 1998 sobre la fortificación del azúcar con vitamina A (Ministerio de Salud, 1998); el Decreto 547 de 1996, por el cual se reglamentan, en el capítulo II, los requisitos fisicoquímicos de la sal para consumo humano en cuanto a la adición de flúor y yodo (Ministerio de Salud, 1996); la Resolución 11488 de 1984, que dicta normas en lo referente al procesamiento, composición, requisitos y comercialización de los alimentos infantiles, de los alimentos o be-

bidas enriquecidos y de los alimentos o bebidas de uso dietético (Ministerio de Salud, 1984); la Resolución 333 de 2011, donde se muestran los requisitos de rotulado y etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano (Ministerio de la Protección Social, 2011); la Resolución 11961 de 1989, que en el artículo 7 habla de la leche cultivada con bifidobacterium y sobre cómo se debe colocar la denominación en la etiqueta (Ministerio de Salud, 1989); el Decreto 3636 de 2005, donde se reglamente la fabricación, comercialización, envase, rotulado o etiquetado de los productos de uso específico. Se conocen como alimentos de uso específico aquellos productos que sin satisfacer o reunir los requisitos establecidos para ser alimento convencional, medicamento, producto fitoterapéutico o preparación farmacéutica a base de recursos naturales o bebidas alcohólicas, aporta elementos o compuestos que pueden ser coadyuvantes al mantenimiento de los procesos metabólicos del organismo y que contiene ingredientes como vitaminas, proteínas, fibra, minerales, productos naturales, carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos, plantas, hierbas o algas, entre otros (Ministerio de la Protección Social, 2005).

En Colombia queda mucho por investigar sobre los alimentos funcionales, sería importante si se establecieran aclaraciones de sus propiedades a todos los grupos de la población, aprovechando que poseemos una riqueza en plantas y frutos, que muchos de estos son cultivos tradicionales, se desconocen sus beneficios y son ampliamente usados en la industria cosmética, pudiéndose aprovechar en alimentación humana; de esta manera se daría una alternativa de alimentación saludable a poblaciones con problemas de desnutrición y mal nutrición, y se incentivaría no solo a la empresa procesadora de alimentos a crear productos accesibles para la comunidad, sino también a entidades que capaciten en temas de alimentación y nutrición e instituciones para desarrollar investigaciones al respecto.

El consumo de los alimentos funcionales

Existe un gran interés de muchos países, comunidades académicas y científicas por explorar el campo de los alimentos funcionales dado que cada día la cultura hacia una alimentación sana y con mayores beneficios va en aumento (Cortés *et al.*, 2005).

Muchas empresas procesadoras de alimentos a nivel mundial se están sumando al tema de los alimentos funcionales con el desarrollo de nuevos productos que permitan un futuro más saludable para la población. Sin embargo, antes de aceptar un alimento y de que se le pueda conceder el calificativo de funcional, debe cumplir ciertos requisitos (Ashwell, 2004; Salazar, 2006) que en conjunto son los siguientes:

1. Producir efectos fisiológicos beneficiosos sobre el estado de salud física o mental, o reducir el riesgo de enfermedad.
2. Estas propiedades sobre la salud deben estar fundamentadas en una sólida base científica.
3. El componente alimentario responsable de estos efectos debe estar caracterizado por sus propiedades físicas y químicas, cuantificadas e identificadas por métodos analíticos.
4. El referido componente debe haber sido evaluado en humanos en cuanto a su absorción, distribución, metabolismo, excreción y mecanismo de acción.
5. Deberá ser efectivo en todos los componentes de la población, o grupo específico de la misma que estará satisfactoriamente acotado por su edad, genética, hábitos, etc.
6. Deberá mantener los caracteres propios de un alimento que permitan su inclusión en una dieta normal, no pudiendo presentarse en forma de comprimidos, cápsulas, píldoras, etc.
7. Las cantidades necesarias de consumo para manifestar sus efectos beneficiosos deberán ser las habituales en una alimentación normal.

En el mercado europeo se pueden encontrar alimentos destinados para el desayuno-merienda

como leche (bio, con fibra, con calcio, con ácidos grasos omega 3, con vitaminas, baja en lactosa), yogures y otros productos derivados de la fermentación de la leche, fórmulas infantiles y una gran variedad de postres lácteos (con bifidobacterias, ácido linoléico, esfingolípidos), margarinas (con ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, enriquecidos con fitosteroles), galletas, cereales, panes (ricos en fibra, ácidos grasos monoinsaturados), zumos y otras bebidas energizantes, huevos y flanes enriquecidos en ácidos grasos omega 3, patés, embutidos (con fibra, bajos en grasa, bajo en grasa, rico en vitaminas, fitosteroles y ácidos grasos omega 3), chicles, caramelos (sin azúcar, con vitaminas, con fibra, con cafeína) (Cadaval, 2005; Ashwell, 2004; Silveira *et al.*, 2003).

En Estados Unidos es fácil encontrar barras de cereales destinadas a mujeres de mediana edad, suplementadas con calcio para prevenir la osteoporosis, o por proteína de soya para reducir el riesgo de cáncer de mama, y con ácido fólico para un corazón más sano; panecillos energizantes y galletas adicionadas con proteínas, zinc y antioxidantes (Alvidrez *et al.*, 2002). De primera mano están los “classic functionals” con las vitaminas A, C, E, o minerales como calcio o magnesio; luego encontramos los “new age functionals” que incluyen ginseng, ginkgo y té verde, y los llamados “true functionals”, que incluyen soya, ácidos grasos y omega 3. Como ejemplo de estos productos encontramos Tropicana Pure Premium Healthy Heart es un jugo de naranja fortificado con omega 3, Tropicana Pure Premium con un contenido tres veces mayor de antioxidantes que los jugos naturales, Tropicana Healthy kids con un mayor contenido y variedad de vitaminas y Tropicana con bajo contenido en ácidos (Vidal y Díaz, 2009).

En Colombia se pueden encontrar en el mercado productos fortificados como Corn Flakes de Kellogg's (hierro y vitaminas A, B1, B2, B12, C, niacina y ácido fólico); gelatina Frutiño (calcio y vitamina C); leche larga vida Parmalat (vitamina A

y D); leche achocolatada de Alpina (vitaminas A, D, B1, B2 y niacina); leche achocolatada Milkifío (calcio, vitaminas A, D, B1, B2, D, hierro y calcio) y gelatina Royalito (vitamina C) (ACTA, 1997), masa para pancakes adicionada con vitaminas; chocolate cero colesterol endulzado con Nutrasweet® y granola cero colesterol adicionada con vitaminas; chocolate de mesa con 16 cereales y sin grasa y bebidas achocolatadas cero colesterol con cereales; leches extracalcio y yogures con probióticos; avena deslactosada con fibra natural (Osorio, 2010).

Cabe destacar que cuando se hace una comparación entre nuestros lanzamientos y el mundo se encuentra que Colombia se ha orientado en mayor proporción a la generación de productos asociados al *Claim* de fortificación con vitaminas y minerales, y a la reducción de algunos componentes como colesterol y azúcar; sin embargo, se tienen muy pocos lanzamientos asociados al tema de beneficios específicos para la salud (Coronado, s. d.).

Algunas empresas en Colombia dedicadas a la producción de alimentos funcionales, principalmente lácteos y sus derivados, son: Alpina, que ha sido una de las primeras industrias en el lanzamiento de este tipo de alimentos, con el desarrollo de Yox con defensis, Regeneris y Finesse (Alpina, 2012); Alquería, con la leche *digestive*, bebida con soya y leche Vitta (Alquería, 2012), y Algarra con los productos Yogur Bio y Batti mix que es un yogur con cereales y vitaminas (Algarra, 2012). Otras empresas conocidas que desarrollan productos diferentes a lácteos son: Team con el desarrollo de aceite de girasol con vitamina E, omega 3, libre de olores y sabores (Team, 2012); Rica rondo con la salchicha Explosión queso que viene fortificada con vitaminas y minerales (Rica rondo, 2012); Incauca, S.A. con los productos Azúcar Incauca Light con stevia, omega 3, té verde, vitamina D3 (Incauca, 2012); la asociación Tecnas que maquila productos como Zelan (con omega 3, L-carnitina, hierro y zinc), Zincal (a

base de maltodextrina, calcio, zinc, magnesio y vitamina D), Buen comienzo (Mezcla en polvo para madres gestantes y lactantes, con hierro, calcio, ácido fólico, vitamina B6, yodo y zinc) (Naranjo, 2009).

Los alimentos funcionales

Como se mencionó, se denominan alimentos funcionales aquellos que consumimos regularmente dentro de una dieta saludable, algunos de los cuales tienen nutrimentos potenciales para la prevención de enfermedades, esto último es lo que los hace diferentes. A continuación se apuntan los grupos de alimentos con alto potencial funcional, cuyo consumo o inclusión en la alimentación diaria es recomendado.

Alimentos con proteínas funcionales. Las proteínas son los elementos estructurales de las células y los tejidos, intervienen en la producción de enzimas metabólicas y digestivas, son constituyentes esenciales de ciertas hormonas, participan como mecanismo de defensa ya que forman parte de la estructura de los anticuerpos del sistema inmunitario e intervienen en el proceso de coagulación (Aranceta, 2002).

Ejemplos de alimentos que contienen proteínas funcionales son los frutos secos y los frijoles; estos son proteínas incompletas porque no poseen uno o más de los aminoácidos esenciales. La carne de res, el pescado, el cerdo, entre otros, así como la leche son proteínas completas porque poseen todos los aminoácidos esenciales que el organismo necesita para su buen funcionamiento, además son ricos en vitaminas del complejo B y minerales como el hierro. Cabe destacar que el consumo de estos alimentos debe ser limitado ya que muchos de ellos contienen grasas saturadas que contribuyen al aumento del colesterol.

Alimentos antioxidantes. Un ejemplo de alimentos funcionales con actividad antioxidante

(bloquean el efecto perjudicial de los denominados radicales libres previniendo el envejecimiento) son las frutas, que además de tener vitaminas y minerales, son ricas en carotenoides, antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos (Wang, 2007).

Entre las frutas encontramos la uva que posee componentes fenólicos llamados flavonoides, que presentan una acción antioxidante inhibiendo la oxidación de LDL-colesterol y, consecuentemente, el riesgo de enfermedades coronarias; la guayaba que tiene licopeno y vitamina C; el mango rico en vitamina A y C y del grupo B; la fresa, rica en vitamina C y en taninos, al igual que las manzanas, ayudan con el estreñimiento y contienen ácidos y flavonoides que tienen propiedades antiinflamatorias.

Por otro lado, las hortalizas también son ricas en antioxidantes, ejemplos notables son: el tomate con su potencial antioxidante llamado licopeno, que neutraliza radicales libre, proporciona protección contra reacciones de oxidación y estimula la función inmunológica; la berenjena es rica en vitamina C, potasio, calcio, magnesio y hierro, es buena para eliminar toxinas y reducir niveles de colesterol sanguíneo; la zanahoria es rica en caroteno y en el hígado se convierte en vitamina A.

Una bebida alcohólica similar al vino por sus propiedades funcionales es la cerveza, considerada en España como una bebida alimento; entre las propiedades funcionales que tiene está su contenido en polifenoles (antioxidante) que participa en la protección contra enfermedades cardiovasculares y en la reducción de los fenómenos oxidativos; además, posee ácido fólico, fibra soluble, maltodextrinas como fuente de energía, sodio, silicio y, por supuesto, alcohol etílico, que sería oportuno consumirlo con moderación (Olalla, 2002).

Alimentos con fibras funcionales. Los carbohidratos en general son valorados por su aporte energético, su poder edulcorante y su alto contenido en fibra (Aranceta, 2002), además, son los

que más se consumen en los países en desarrollo. La fibra es uno de los constituyentes de nuestra dieta que más atención científica ha recibido en las tres últimas décadas, y su papel en nutrición y salud está actualmente bien establecido (Saura, 2010); contribuye a la regulación intestinal y por ende a la disminución de padecer enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes, obesidad y trastornos gastrointestinales. Un alimento rico en fibra soluble es la avena y posee propiedades hipocolesterolémicas (disminución de los niveles de colesterol sanguíneo).

Los prebióticos son alimentos no digeribles que afectan de manera positiva al huésped estimulando el crecimiento y la actividad metabólica de cepas de bacterias colónicas (Olagnero *et al.*, 2007), entre estos encontramos los fructanos cuyas fuentes importantes son los derivados del trigo, cebollas, bananas y puerro (van Loo *et al.*, 1995); la inulina que se encuentra en una gran variedad de plantas, pero principalmente en la raíz de la achicoria, puerro, ajo, banana, cebada, trigo, miel, cebolla, espárrago, también se puede sintetizar a partir de la raíz de achicoria (van Loo *et al.*, 1995; Roberfroid, 2005; Rao, 1999); la oligofructosa se encuentra en cereales, cebolla, ajo, banana y choclo; la polidextrosa en algunos hongos, raíces y tubérculos, mantequilla, huevo, miel; galactooligosacárido presente en legumbres y las sustancias pécticas en frutas cítricas, manzanas y que son incorporadas en productos lácteos (Danisco, 2006).

Los probióticos son microorganismos no patógenos que cuando se ingieren ejercen una influencia positiva sobre la salud o la fisiología del huésped (Recio y López, 2005). Los microorganismos comúnmente empleados como probióticos se encuentran disponibles comercialmente a través de laboratorios o industrias alimenticias a nivel internacional así como en colecciones de cultivos. Algunos ejemplos de estos microorganismos son los siguientes: *Lactobacillus acidophilus* NCFM (Rhône-Poulenc, Estados Unidos), *Lactobacillus*

reuteri 106 (BioGaia, Estados Unidos), Bifidobacterium longum bb536 (Morinaga Milk Ind. Japón), Lactobacillus plantarum 299 (ProViva, Finlandia), Lactobacillus casei YIT9018, Shirota, (Yakult, Japón) y Lactobacillus johnsonii LJ-1 (Nestlé, Suiza). Lactobacillus casei CRL 431 y Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 (Cerela, Argentina), Lactobacillus reuteri CRL 1098 (Patente en trámite p040103130, Cerela, Argentina) entre otros. Los probióticos lácteos están incluidos en diversos productos lácteos, actualmente en el mercado, como los denominados “bio-yogurts” (Nestlé, st. Ivel, Danone, Onken, Vifit), leches fermentadas (Yakult: L. casei Shirota; Nestlé’s LC1Go: L. johnsonii; LG21 yogurt: L. gasseri OLL2716), quesos probióticos (Bioqueso Ilolay Vita), leche BIO (Sancor/Cerela/Conicet), entre otros (Taranto *et al.*, 2005).

Alimentos con grasas funcionales. Las grasas o lípidos aportan una gran cantidad de energía al organismo, forman parte de la estructura de las membranas celulares y transportan vitaminas liposolubles como la A, D, E y K hasta nuestras células (Aranceta, 2002). Los lípidos aportan numerosos compuestos bioactivos como los ácidos grasos omega 3 y 6 (Fontecha, 2010). Los aceites vegetales, en especial los de maíz, calabaza, soja, oliva y girasol son ricos en fitosteroles y tienen la función de bloquear la absorción del colesterol (Vasconcellos, 2001). Los aceite de pescado, algas y linaza contienen omega 3 (Barbera y Marcos *et al.*, 2008); el aguacate es rico en grasas monoinsaturadas que ayudan a disminuir el colesterol total y el de baja densidad (LDL-colesterol).

Conclusiones

El concepto de alimentos funcionales surge como un instrumento para mejorar la salud de la población y reducir el riesgo de ciertas enfermedades, mas no para curarlas como lo hacen los medicamentos; en Europa y Estados Unidos se

han tratado de consolidar los términos y se han establecido regulaciones para los alimentos funcionales, caso contrario ocurre en Latinoamérica, y en el caso particular de Colombia, donde no existen normativas específicas para este tipo de productos, aunque algunos decretos y resoluciones establecidos por el Ministerio de la Protección Social se relacionan con el término.

El consumo regular de alimentos funcionales, tanto en estado natural como procesado, puede ofrecer una alternativa sana para quienes desean curar y prevenir algunas enfermedades. En este aspecto es importante que los consumidores tengan claro cuáles son las verdaderas funciones y los beneficios de estos alimentos antes de ser incluidos en su alimentación habitual teniendo en cuenta las recomendaciones diarias de nutrientes expuestas por los profesionales de la salud.

Referencias bibliográficas

- Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ACTA) (1997). Tendencia o necesidad. Fortificación de los Alimentos. Recuperado de: <http://www.acta.org.co/PublicacionesBoletin015.php>
- Algarra (2012). Recuperado de: http://www.algarra.com.co/nuestros_productos/nuestros_productos.html
- Alpina (2012). Recuperado de: <http://www.alpina.com.co/productos-funcionales/>
- Alqueria (2012). Recuperado de: <http://www.alqueria.com.co/>
- Alvidrez, M. A., González, M. B., Jiménez, S. Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 3 (3).
- Arai, S. (2002). Global view on functional foods: Asian perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88.
- Aranceta, J. (2002). *Guía práctica sobre hábitos de alimentación y salud*. Madrid: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria.

- Ashwell, M. (2004). *Conceptos sobre los alimentos funcionales*. Ilsi Europe.
- Barbera, M. J. y Marcos, A. *et al.* (2008). *Alimentos funcionales, aproximación a una nueva alimentación*. Madrid: Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios.
- Cadaval, A., Artiach, E. B., Garín, B. U., Pérez, R. C., Aranceta, J., Sierra, M. L. (2005). *Alimentos Funcionales: para una alimentación más saludable*. Madrid: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria.
- Cóccaro, G. C. (2010). Desarrollo de nuevos productos. Alimentos funcionales y Novel food. Recuperado de: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/procal/estudios/02/DesarrolloNuevosProductos.pdf>
- Coronado, M. (s. f.). Mercado de alimentos funcionales, 9. Recuperado de: <http://www.revistaalimentos.com.co/ediciones/edicion9/informe-alimentos-funcionales.htm>
- Cortés, R. M., Chiralt, B. A., Puente, D. L. (2005). Alimentos Funcionales: una historia con mucho presente y futuro. *Revista Vitae*, 12 (1).
- Danisco Sweeteners (2006). Ingredientes con beneficios funcionales. *Revista Énfasis Alimentación*, Año XII (5).
- Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B. y Roberfroid, M. B. (2005). Lípidos como alimentos funcionales. En Juárez, M., Olano, A. y Morais, F. *Alimentos funcionales*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Farjas, A. P. (2003). Sobre los Alimentos Funcionales. *Revista Española de Salud Pública*, 77 (3), 314.
- Fontecha, A. J. (2010). Lípidos funcionales de la dieta. En Juárez y Perote. *Alimentos saludables y de diseño específico*. Madrid: Instituto Tomás Pascual Sanz.
- Gil, H. A. y Martínez, de V. E. (2010). Alimentos funcionales para grupos vulnerables. En: Juárez y Perote. *Alimentos saludables y de diseño específico*. Madrid: Instituto Tomás Pascual Sanz.
- Godnic, M. A. (2007). Estrategias de promoción de alimentos funcionales dirigidas a profesionales de la salud. Tesis MBA, Universidad Torcuato Di Tella.
- Health Canadá (1998). Nutraceuticals/Functional Foods and health Claims on foods. Policy Paper. Recuperado de: http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/label-etiquet/claims-reclam/nutra-funct_foods-nutra-fonct_aliment-eng.pdf
- Incauca S. A. (2012). Recuperado de: <http://www.incauca.com/azucares/>
- Joensen, L. (2008). Alimentos Funcionales, ¿entre la fe y la ciencia? Grupo de reflexión rural. Recuperado de: [http://www.grr.org.ar/articulos/alimentosfuncionales\[1\].pdf](http://www.grr.org.ar/articulos/alimentosfuncionales[1].pdf)
- Juárez, I. M. (2010). Alimentos saludables y de diseño específicos. En Juárez y Perote. *Alimentos saludables y de diseño específico*. Madrid: Instituto Tomás Pascual Sanz.
- Lajolo, F. M. (2002). Functional foods: Latin American perspectives. *Journal of Nutrition*, 88 (suppl 2), 145-150.
- Lu, H. C. (2003). A complete translation of yellow emperor's classics of internal medicine (nei-jing and nan-jing). Australia: Worldwide Education Centre for Traditional Chinese Medicine.
- Mazza, G. (2000). *Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado*. Madrid: Acribia.
- Ministerio de la Protección Social (2005). Decreto 3636 de 2005. República de Colombia. Recuperado de: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/2005/octubre/11/dec3636111005.pdf
- Ministerio de la Protección Social (2011). Resolución 333 de 2011. República de Colombia. Recuperado de: <http://web.invima.gov.co/portal/documents/portal/documents/root/normatividad/alimentos/Res%20333%20de%20feb%202011%20Rotulado%20nutricional.pdf>

- Ministerio de Salud Pública (1996). Decreto 1944 de 1996. República de Colombia. Recuperado de: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1996/octubre/28/dec1944281996.pdf
- Ministerio de Salud (1994). Resolución 11488 de 1984. República de Colombia. Recuperado de: <http://web.invima.gov.co/portal/documents/portal/documents/root/POR-TAL/RED%20NACIONAL%20DE%20LABORATORIOS/NORMATIVIDAD/RESOLUCIONES/1984/R-84-11488.pdf>
- Ministerio de Salud (1984). Resolución 17855 de 1984. República de Colombia. Recuperado de: http://www.invima.gov.co/Invima/normatividad/docs_alimentos/resolucion_17855_1984.pdf
- Ministerio de Salud (1989). Resolución 11961 de 1989. República de Colombia. Recuperado de: <http://www.redlactea.org/resoluciones/Resolucion%2011961%20de%201989.pdf>
- Ministerio de Salud (1996). Decreto 547 de 1996. República de Colombia. Recuperado de: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1996/marzo/19/dec0547191996.pdf
- Ministerio de Salud (1998). Decreto 1324 de 1998. República de Colombia. Recuperado de: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1998/julio/13/dec1324131998.pdf
- Naranjo, G. E. (2009). Innovación de alimentos funcionales y nutraceuticos. Tecnas S. A. Recuperado de: <http://www.fondef.cl/documentos/iberoeka/ALIMENTOS/TECNAS.pdf>
- O'Donnell, E. (1998). Functional Food-Designed for Health. *J. Leatherhead food*, 1, spring, 10-17.
- Olalla, J. (2002). La cerveza, un alimento con propiedades funcionales. *Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural*. Jornada temática "Industria agroalimentaria. Seguridad y calidad alimentaria".
- Oomah, B. D., and Mazza, G. (2009). Functional Foods. In Cristina, R. *Advances in food dehydration*. CRC Press.
- Osorio, G. J. (2010). Influencia de diferentes cepas probióticas y el tiempo de fermentación en el contenido de ácido linoleico conjugado y el perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento del kumis elaborado con dos sustratos diferentes. Tesis Maestría, Magíster en Ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia.
- Rao, Av. (1999). Dose-response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. *Journal of Nutrition*, 129, 1442-1445.
- Recio, I. y López, F. R. (2005). Ingredientes y productos lácteos funcionales: bases científicas de sus efectos en la salud. En: Juárez, M., Olano, A., Morais, F. *Alimentos funcionales*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Rica Rondo (2012). Recuperado de: <http://www.rica.com.co/>
- Roberfroid, M. B. (2005). Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, 93 (Suppl 1), 13-25.
- Robertfroid, M. (2006). Defining Functional Food. En Salazar, V. A. *Alimentos Funcionales. Boletín de la Sociedad de Pediatría de Asturias*, 46 (198).
- Sarmiento, R. L. (2006). Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación. *Revista Orinoquia*, 10 (1), 19-21.
- Saura, C. F. (2010). Fibra dietética en la dieta y en alimentos funcionales. Prebióticos. En Juárez y Perote. *Alimentos saludables y de diseño específico*. Instituto Tomás Pascual Sáenz. Internacional Marketing & Communication.
- Schneider, M. (2001). Phospholipids for Functional Food. *Journal of lipid science and technology*, 103, 98-101.
- Silveira, R. M., Monereo, M. R. y Molina, B. B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿Cerca o lejos? *Revista Española de Salud Pública*, 77 (3), 318-325.

- Small, E. y Catling, P. M. (2009). Canadian Medicinal Crops. In Cristina, R. *Advances in food dehydration*. CRC Press.
- Taranto, M. P., Medici, M. and Font de Valdez, G. (2005). Alimentos funcionales probióticos. *Revista química viva*, 1 (4), 27-28.
- Team (2012). Recuperado de: <http://www.team.com.co/>
- van Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H., Smits, G. (1995). On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the Western Diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35 (6), 525-552.
- Vasconcellos, A. (2001). Alimentos Funcionales. Conceptos y Beneficios para la Salud. *Journal World of Food Science*. Recuperado de: http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/ateneo/dossier/alimentos_funcionales/worldfoodscience/alimentosfuncionales.htm
- Vidal, C. C. (2008). Alimentos funcionales: algunas reflexiones en torno a su necesidad, seguridad y eficacia y a cómo declarar sus efectos sobre la salud. *Humanitas, humanidades médicas*, 24. Recuperado de: http://www.fundacionmhm.org/www_humanitas_es_numero24/articulo.pdf
- Vidal, V. L. y Díaz, A. C. (2009). *Desafíos de la industria de alimentos procesados – alimentos funcionales*. Chile: ASVID.
- Wang, S. (2007). Fruits with high antioxidant activity as functional foods. In Shi, J. *Functional Food Ingredients and Nutraceuticals. Processing Technologies*. CRC - Taylor & Francis.
- Webb, G. P. (2006). *Dietary Supplements and Functional Foods*. Acribia.

Modelo de gestión de inventarios en una línea de producción de alstroemerias del área de poscosecha de la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía. Ltda.

Recibido: 12 de marzo de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

En la actualidad, la flexibilidad de las empresas en acondicionar sus políticas a la exigencias del mercado dejó de ser una novedad académica para convertirse en el diario vivir de las organizaciones, por tal motivo se diseñan herramientas con las cuales se pueda hacer frente a esta situación. Para C. I. Carrizosa Navas, empresa del sector floricultor, el cambio en la demanda en algunos meses hace difícil el manejo de políticas adecuadas. El sistema de inventario modelado representa las políticas de actuación para días en los cuales se trabaja un solo turno a fin de cubrir la demanda de tabacos de flores del día, ya que al ser validado será de utilidad para tomar decisiones cuando la demanda sea cambiante en las diferentes temporadas. En él se modelan los inventarios de trabajo en proceso (WIP), inventario de productos terminados (INV) e inventario de productos pendientes (PEND), y proporcionará en cada momento del periodo de planeación la información sobre el estado de estos. Este tipo de sistemas, aunque ha sido estudiado y altamente investigado no deja de desconcertar a quienes tienen la difícil tarea de cambiar las políticas para ajustarlas a la realidad.

Palabras clave: inventarios, dinámica de sistemas, modelación de sistemas, flores.

An Inventory management model at the postharvest area of an alstroemeria production line at C.I. Carrizosa Navas & Ltd. Co.

Abstract

Today the companies' flexibility in conditioning their policies to the needs of the market ceased being an academic novelty to become an everyday practice of organizations, for this reason several tools are designed with which the company is able to address this situation. For C. I. Carrizosa Navas, a floriculture sector company, the constant change in demand in some months of the year makes it difficult to manage

• • • • •
¹ Ingeniero Industrial; maestría en Diseño y Gestión de Procesos; docente de tiempo completo, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. polo.andres@unigraria.edu.co

² Ingeniero Industrial; maestría en Ingeniería Industrial con énfasis en Producción, Logística e Investigación de Operaciones; docente de tiempo completo, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. clavijo.nicolas@unigraria.edu.co

³ Ingeniero Industrial; docente, Joven Investigador, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. vega.juan@unigraria.edu.co

suitable policies. The inventory system modeling represents the performing policies for days in which you work one shift to meet the demand of tobacco flowers a day, as its validation will be useful to make decisions when demand is changing in so-called seasons. It models developments of Work in Process (WIP), finished goods inventory (INV) and inventory of products pending (PEND) and will provide in every moment of the planning period information on the status of these. Eventhough this type of systems have been studied and highly researched, they constantly perplex those who have the difficult task of changing the policies to fit reality .

Key words: Inventory, system dynamics, systems modeling, flowers.

Introducción

Los sistemas sociales, y entre estos los de manufactura, corresponden a sistemas cuyo comportamiento es impredecible debido a que es difícil representarlos por expresiones matemáticas exactas. Surge de aquí la necesidad de recurrir a técnicas, métodos y herramientas que permitan al analista, al directivo o al gerente introducirse en el sistema y extraer de él la mayor cantidad posible de conocimiento y entendimiento, de tal forma que pueda definirse un proceso de toma de decisiones robusto que lleve a tener sistemas competitivos y sostenibles.

La dinámica de sistemas, el pensamiento sistémico, los sistemas complejos y la teoría del análisis cualitativo matemático son algunas de las formas disponibles y confiables con las cuales se puede conseguir un conocimiento bastante bueno de los sistemas, y que sirven de ayuda en la definición de los procesos de toma de decisiones (Andersen, 1988).

Desde que Jay Wright Forrester (1972) creó la técnica de simulación continua conocida como dinámica de sistemas, se han desarrollado varios modelos de sistemas industriales y de sistemas de gestión de la producción. Los sistemas más investigados y estudiados corresponden a variaciones del modelo clásico desarrollado por Forrester sobre producción-distribución-marketing; uno de ellos es el famoso Juego de la Cerveza (Haslett, 1998; Mosekilde y Larsen, 1988). Otros modelos se han limitado a estudiar los subsistemas de distribución, de marketing y de producción.

El presente artículo tiene como objeto el análisis posterior a un estudio de métodos y tiempos para la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía. Ltda. perteneciente al sector de la floricultura, situada en la zona rural del municipio de Facatativá, Cundinamarca, dedicada al cultivo, procesamiento y despacho de flores a compañías comercializadoras ubicadas en Norteamérica y Europa; se especializa en la producción de rosas, alstroemerias y gypsophilas. La empresa hace parte de GR CHIA S.A., grupo empresarial conformado por 37 empresas floricultoras (Espinosa, 2009).

La presente investigación busca determinar un estudio de gestión de inventarios (en proceso, producto terminado, pendientes) en el área de pos-cosecha para una línea de empaquetado de alstromerías durante un mes típico donde la demanda es constante —se excluyen los meses de febrero (San Valentín), mayo y diciembre—, para evaluar las políticas de la empresa y suministrar una herramienta alternativa a fin de monitorear los resultados de dichas políticas.

Para desarrollar el modelo primero es necesario realizar un diagnóstico de la empresa donde se identifican los principales problemas de administración de inventarios y se determina cuáles son las variables más significativas en el sistema para así, con base en el modelo propuesto, elaborar recomendaciones que puedan ser utilizadas para mejorar el desempeño de la gestión de inventarios (Mohapatra y Sharna, 1985). Para la empresa estudiada en el presente trabajo esta etapa fue cubierta en un proyecto de grado desarrollado anteriormente.

La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo consistió en los siguientes pasos:

- Se hizo una revisión del trabajo de grado con el propósito de determinar el análisis de los datos de entrada que alimentara el modelo de simulación en dinámica de sistemas.
- Se identifican las variables más relevantes en el sistema de inventario.
- Se construyó un modelo de simulación continua basado en dinámica de sistemas.
- Se hizo la validación del modelo en cuanto a su estructura, es decir, qué tanto se acerca este a la realidad estudiada en el proyecto de grado. De esta validación se concluye que el modelo es capaz de mostrar el comportamiento del sistema de inventarios de manera aproximada.

Análisis de datos

Para el desarrollo del modelo se realizó una revisión del estudio de métodos y tiempos con el fin de determinar los datos de entrada más relevantes para el modelo de gestión de inventarios.

Determinación del tiempo de ciclo de producción alstroemerias

Parte determinar el ciclo de producción de un tabaco de alstroemerias se tuvieron en cuenta los resultados del estudio del trabajo. La figura 1 muestra el diagrama de operaciones para el proceso de elaboración de un tabaco típico.

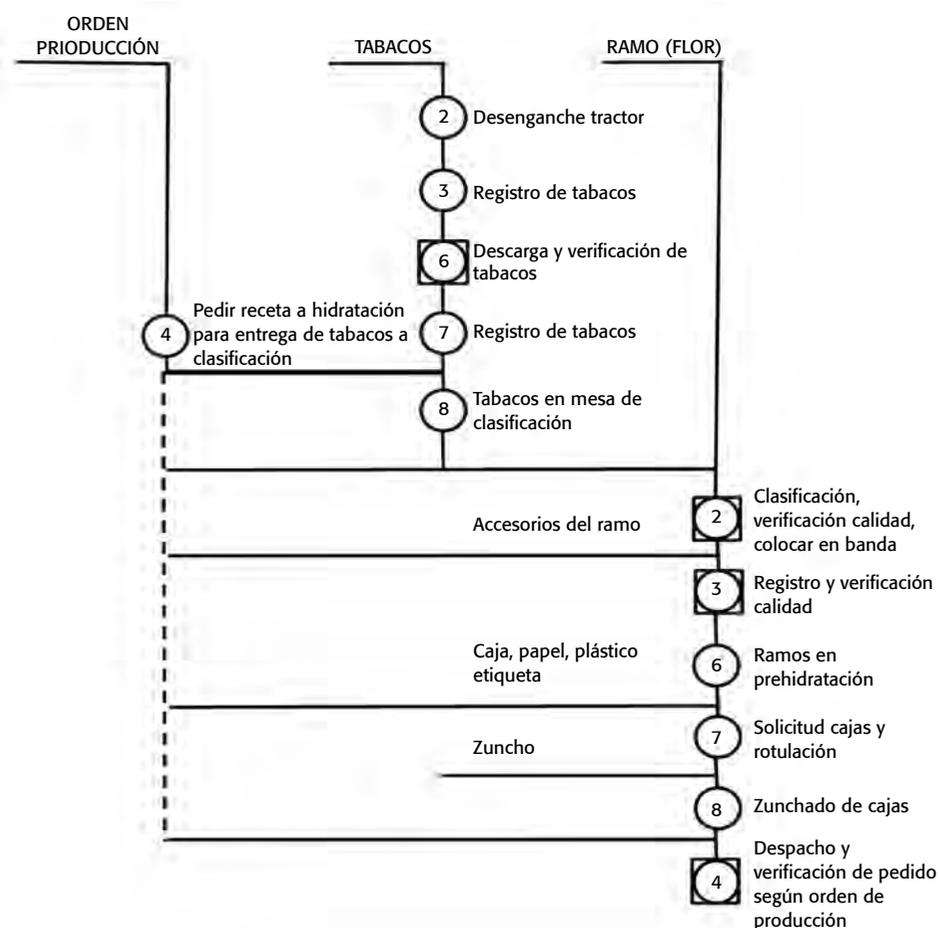


Figura 1. Diagrama de operaciones para alstroemerias en C. I. Carrizosa Navas y Cía. Ltda.

Tabla 1. Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal-Wallis

| Variable | Mínimo | Máximo | Media | Desviación típica |
|----------|--------|--------|--------|-------------------|
| P1 | 82 | 114 | 96,906 | 5,601 |
| P2 | 83 | 116 | 96,594 | 5,130 |
| P3 | 82 | 110 | 96,161 | 5,578 |
| P4 | 75 | 112 | 97,021 | 5,798 |
| P5 | 81 | 111 | 96,815 | 5,199 |
| P6 | 83 | 114 | 97,098 | 5,347 |
| P7 | 80 | 110 | 96,839 | 5,702 |
| P8 | 82 | 115 | 96,615 | 5,685 |
| P9 | 83 | 111 | 97,248 | 5,499 |
| P10 | 82 | 117 | 96,916 | 5,353 |
| P11 | 83 | 112 | 96,605 | 5,400 |
| P12 | 81 | 112 | 96,598 | 5,608 |
| P13 | 76 | 112 | 96,587 | 5,559 |
| P14 | 81 | 112 | 97,063 | 5,211 |
| P15 | 83 | 113 | 96,559 | 5,767 |
| P16 | 82 | 113 | 97,374 | 5,216 |
| P17 | 83 | 110 | 96,629 | 5,169 |
| P18 | 81 | 115 | 96,671 | 5,652 |
| P19 | 82 | 111 | 96,570 | 5,359 |
| P20 | 81 | 114 | 96,154 | 5,601 |
| P21 | 81 | 112 | 97,045 | 5,731 |
| P22 | 83 | 112 | 97,381 | 5,415 |
| P23 | 82 | 112 | 96,587 | 5,194 |
| P24 | 83 | 112 | 97,262 | 5,901 |
| P25 | 80 | 116 | 97,192 | 5,757 |

Tabla 2. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis

| | |
|---------------------|--------|
| K (Valor observado) | 25,721 |
| K (Valor crítico) | 36,415 |
| GDL | 24 |
| p-valor (bilateral) | 0,367 |
| alfa | 0,05 |

Según el resultado del estudio, el tiempo de ciclo de la producción de un tabaco para alstroemerias es de 0,88 horas, en el cual se evidencian

los diferentes tiempos estándar para las distintas operaciones de producción.

Para el estudio de la demanda del puesto de trabajo de un tabaco de alstroemeria se procedió a tomar las muestras de demandas cubiertas en 286 días típicos para los 25 puestos que componen la línea de producción. Para su análisis se recurrió a la prueba de Kruskal-Wallis para determinar como hipótesis nula (H0) si las 25 muestras correspondían a la misma población. La tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de la prueba. En la tabla 2 se muestra el resultado de la prueba corroborando la hipótesis anteriormente propuesta donde el riesgo de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera es de 36,75%.

Un vez demostrada la homogeneidad de la demanda para cada puesto de trabajo (con lo cual el modelo planteado mostrará el sistema de un solo puesto) se procedió a determinar el comportamiento de la misma en una función de densidad de probabilidad (fdp).

Para este análisis, como primera instancia, se elaboró un histograma (figura 2) a fin de determinar el tipo de fdp a la que se ajustaba la curva. El resultado de la interpretación del histograma es determinar como hipótesis nula (H0) una función de densidad Normal con media muestral en 97 tabacos por día y una desviación estándar de 5,503.

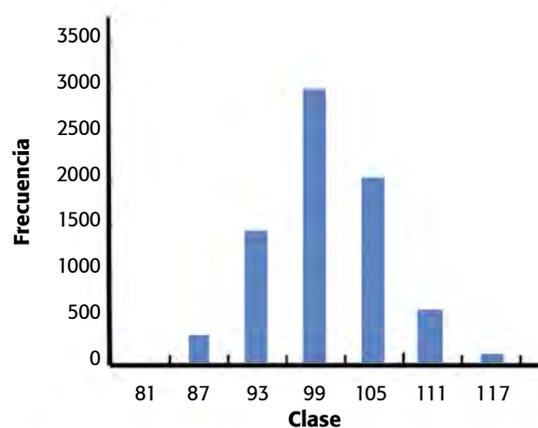


Figura 2. Histograma de demandas para alstroemerias por puesto de trabajo

Para comprobar la hipótesis nula se implementó la prueba de bondad y ajuste chi cuadrado con 8-1 grados de libertad y un $\alpha = 0,05$. La tabla 3 resume el análisis de la demanda por esta prueba.

Tabla 3. Resultado de la prueba chi cuadrado

| Clase | Frecuencia | % acumulado | p(x) | F.E. | Error |
|----------|------------|-------------|-------|--------|--------|
| 81 | 10 | 0,06 | 0,002 | 15,0 | 1,663 |
| 87 | 219 | 3,12 | 0,036 | 257,6 | 5,785 |
| 93 | 1415 | 22,91 | 0,209 | 1496,6 | 4,453 |
| 99 | 2956 | 64,25 | 0,411 | 2937,4 | 0,117 |
| 105 | 2000 | 92,22 | 0,275 | 1963,9 | 0,665 |
| 111 | 509 | 99,34 | 0,062 | 445,0 | 9,210 |
| 117 | 40 | 99,99 | 0,005 | 33,6 | 1,205 |
| 120 | 1 | 100,00% | 0,000 | 0,7 | 0,097 |
| Σ | 7150 | | | 7149,9 | 23,195 |

Como el error acumulado es menor al determinado por la prueba para 7 grados de libertad y nivel de confianza del 95% (24,321) se acepta la hipótesis de una fdp N (97, 5,503).

Las políticas de inventario del modelo se determinaron por el estudio realizado al sistema VI. Estas políticas son:

- Retraso en pedidos de entrega: tiempo en que la empresa puede aplazar la entrega de pedidos por falta de capacidad para cubrir la demanda. Para C. I. Carrizosa Navas este plazo es de un día posterior a la fecha de entrega. Para efectos de la modelación se tomará el valor de 2 días (si se coloca 1 el plazo será igual al momento de entrega y no reflejará la política verdaderamente).
- Tiempo de alistamiento de la demanda: según el estudio desarrollado para la previsión de la demanda se utilizó un índice de suavización (α) igual a 0,5.

- Índice de cumplimiento del plan: la empresa estima que se debe cumplir el 100% del plan de producción en cada puesto de trabajo.

Elementos de una gestión de inventarios como componentes del sistema

El problema de gestionar eficientemente el sistema de inventarios cobra importancia desde hace ya varias décadas, la implementación de muchos métodos y técnicas ha logrado desarrollos importantes a nivel de tecnologías para abordar este tema, pero aún no se recogen los resultados esperados por los expertos. Algunas de las técnicas que se han utilizado en las empresas son: planeación de requerimientos de material (MRP) y MRPII, que abarca la gestión de varias áreas de la empresa como finanzas, planeación de capacidad, entre otras (Clavijo *et al.*, 1991). La mala administración de los inventarios se debe principalmente al enfoque de gestión que se le da al sistema; decisiones que impactan sobre la cadena de suministros en su conjunto son tomadas por cada parte desde un enfoque independiente con objetivos e información restringida a lo local, como si el resto de los eslabones no existiera, esto además genera conflictos y crea división en las áreas de la empresa (Tome y Miguillon, 2000). También han evolucionado herramientas computacionales como la utilización de heurísticos, implementación de software especializado en inventarios, y la utilización de técnicas de simulación discreta y continua (Tome y Miguillon, 2000).

Se considera apropiado el modelo desarrollado en dinámica de sistemas, dadas las características del proceso de administración de inventarios de la empresa, en donde existen múltiples variables que se relacionan entres sí, y para una gestión eficiente del sistema es necesaria la integración de estas por medio de una realimentación de información (Aracil y Gordillo, 1997).

A continuación se describen algunos conceptos relacionados con el sistema de gestión de la producción y de los inventarios que fueron utilizados para analizar el sistema de inventarios.

Descripción de la cadena de inventarios

El proceso de administrar los inventarios está integrado a varias áreas de la empresa, por lo general este comienza en el área comercial, la cual se encarga de realizar los pronósticos de demanda del producto, importantes al momento de tomar decisiones acerca de cuánto se debe empaquetar para cumplir con los requerimientos del mercado; estos pueden estructurarse de varias maneras según las características de demanda del producto (tabacos de alstromerías).

Luego de tener el presupuesto de ventas el proceso de inventarios se traslada al área de cosecha; en esta se elabora la lista de elementos necesarios para cumplir con los productos requeridos, aquí es muy importante la planeación de la producción debido a que esta define en qué momento y en qué cantidad se deben empaquetar los tabacos de la flor seleccionada.

El paso final de esta secuencia es producir los artículos donde se obtiene un inventario de producto en proceso y luego un inventario de producto terminado que se almacena para hacer las entregas a los clientes; el consumidor final, parte fundamental de la cadena, se sentirá satisfecho o no según las especificaciones exigidas a la empresa y las entregas oportunas realizadas por este. El anterior proceso se resume en la figura 3, la cual muestra el ciclo genérico de la cadena de inventarios, empezando por la demanda de producto hasta su entrega al consumidor final.



Figura 3. Ciclo genérico de la cadena de inventarios

Diagrama causal del sistema de inventarios

A continuación se definen las variables del diagrama de causa-efecto (figura 4), y se analizan cada uno de los bucles de realimentación.

1. Definición de las variables y de los parámetros utilizados en el diagrama causa-efecto

- Variables de nivel:
 - INV: nivel de inventario de producto terminado.
 - WIP: nivel de inventario de trabajo en proceso.
 - PEND: nivel de tabacos pendientes por entregar.
- Variables de flujo:
 - FP: flujo de producción.
 - FPT: flujo de producto terminado.
 - PS: flujo de pedidos de suministro.
 - PE: flujo de pedidos entregados.
 - PR: flujo de pedidos recibidos.
- Variables auxiliares:
 - DEM: demanda de productos terminados, por parte de los clientes externos.
 - DIF: discrepancia entre el inventario deseado de producto y el sistema de seguridad del inventario.
 - PP: plan de producción de tabacos diarios por puesto de trabajo.
 - P: previsión de la demanda.
 - SS: sistema de seguridad del sistema. Cumplimiento del plan de producción de tabacos diarios.
 - NB: necesidades brutas de producción.
 - NN: necesidades netas de producción.
 - PSD: pedidos deseados por producir.
 - MCS: máxima capacidad de suministro del sistema.

Parámetros:

- PNE: retrasos en pedidos de entrega.
- TAD: tiempo de alistamiento de la demanda.

- ICP: índice de cumplimiento del plan de producción.
- TC: tiempo de ciclo de producción de tabacos para alstroemerias.

La figura 4 muestra el diagrama de causalidad para la gestión de inventarios de la empresa.

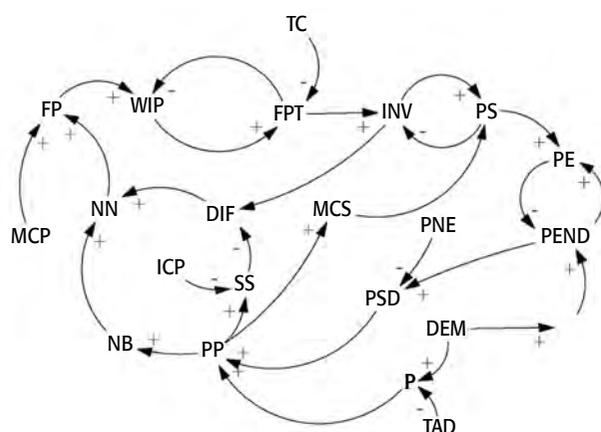


Figura 4. Diagrama causal de inventarios

2. Análisis de bucles de realimentación

Se observa cómo el aumento de la demanda (DEM) genera un aumento en la previsión (variable: P) el cual lleva a aumentar la variable correspondiente PP; esta, al aumentar, incrementa las necesidades de producción PP al sistema de seguridad (SS), la cual a su vez disminuye la diferencia de inventario (DIF) (calculada como la diferencia entre el nivel del inventario INV y sistema de seguridad SS): una mayor diferencia hace que sea mayor la necesidad neta (NN) de producción, esta variable debe aumentar el flujo de producción (FP). Iniciando desde la variable Demanda (DEM) se puede observar que el aumento en la demanda genera aumento en la previsión, y que esta a su vez genera aumento en el flujo de producción (FP).

Un bucle de realimentación negativo relaciona las variables Nivel del producto en proceso (WIP) y Flujo de producto terminado (FPT); el control del bucle se presenta al disminuir el WIP como consecuencia de un aumento en el FPT.

Otro bucle de realimentación negativo son las variables Inventario de producto terminado (INV), y Flujo de suministros (PSF). El control del bucle se presenta al disminuir el inventario como consecuencia de la entrega de producto terminado.

Flujo de producción (FP), Trabajo en proceso (WIP)

El tercer bucle relaciona las variables Flujo de producción (FP), Trabajo en Proceso (WIP), Flujo de producto terminado (FPT), nivel de inventario de productos terminados (INV), la diferencia (DIF) y las necesidades netas (NN). El control del bucle se presenta al disminuir la DIF como consecuencia de un aumento en el nivel del INV. De esta manera el sistema está controlado por la diferencia entre los niveles de inventario (INV) y el sistema de seguridad (SS).

El bucle de realimentación de los pedidos pendientes (PEND) y los productos entregados (PE) se compensa al incrementar la entrega de pedidos lo cual disminuye el nivel de entregas pendientes (PEND).

Modelo dinámico de la gestión de inventarios

Tomando como punto de partida el análisis causal realizado —las mediciones obtenidas estadísticamente para los parámetros del sistema— se desarrolló un modelo dinámico basado en niveles que permitieran explicar el comportamiento de los inventarios de tabacos en la línea de producción de alstroemerias el cual se muestra en la figura 5.

El modelo está compuesto de tres subsistemas: el de inventarios o trabajo en proceso, el de inventarios de productos terminados (los cuales se almacenan en cuartos fríos para ser despachados posteriormente), y el subsistema de pedidos pendientes que según la política de la empresa pueden ser atendidos en plazo de dos días (incluyendo el mismo de previsión de la demanda).

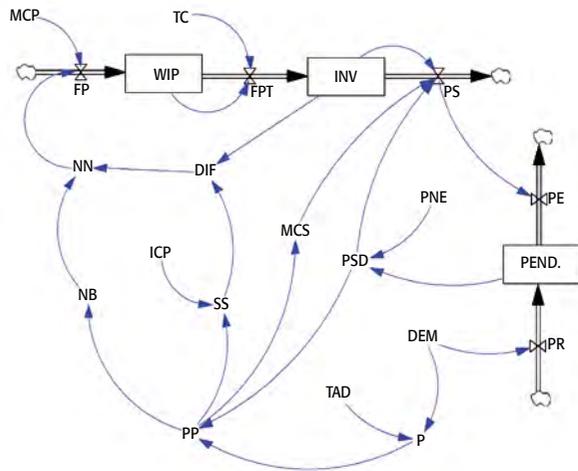


Figura 5. Diagrama de Forrester para el sistema de inventarios

Resultados y conclusiones

El modelo dinámico permitió explicar de forma conjunta el comportamiento de los diferentes niveles de inventario presentados en una línea de producción de tabacos para la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía., mostrando de forma integral el uso de las políticas de producción e inventarios presentes en la poscosecha y que se comportan de acuerdo a lo observado en el estudio de métodos y tiempos desarrollados con el fin de determinar dichas políticas.

En las figuras 6, 7 y 8 se puede observar cómo el nivel de inventarios (en proceso, terminados y pendientes) se mantiene estable a través del periodo de planeación (30 días).

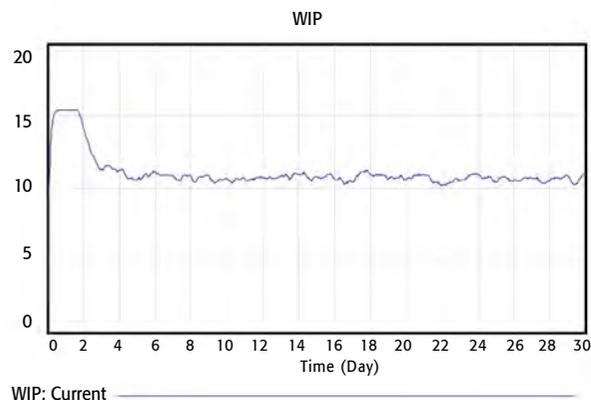


Figura 6. Comportamiento del WIP

En estas figuras es posible observar cómo los parámetros de estado inicial impuestos por el autor (cero) influyen durante los primeros cuatro a seis días de corrida de simulación, mientras el sistema queda en estado estable.

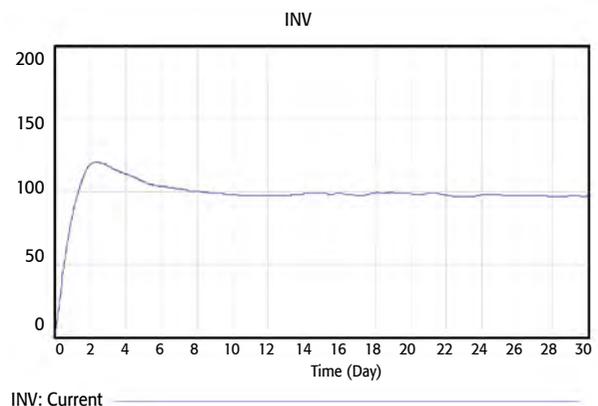


Figura 7. Comportamiento de inventarios de producto terminado

En la figura 7 se observa cómo las políticas de producción e inventarios conservan constante el nivel de tabacos listos para entregar (la mayoría de despachos se realizan hacia el exterior) en 100 unidades por puesto de trabajo. El nivel de productos pendientes se mantiene luego del periodo de “calentamiento” del sistema en niveles entre 1 y 0, considerado un excelente nivel de productos pendientes (en algunos días esos niveles pueden ser negativos lo cual se considera como cero).

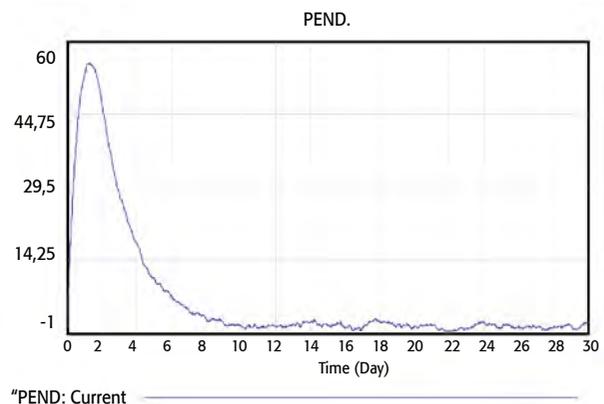


Figura 8. Comportamiento del nivel de pedidos pendientes

Cabe notar que aunque los pendientes llegan a un nivel considerable (55 unidades entre los días 1 y 2) estos resultados no son tenidos en cuenta debido a la inestabilidad del sistema.

Así, el enfoque dado a este trabajo y los resultados obtenidos abren un campo amplio de aplicación e investigación a la dinámica de sistemas en distintos tipos de empresas para modelar de la misma manera diferentes políticas de inventarios y producción (sistemas Push y Pull, MRP, entre otros) en empresas reales y que den respuesta a interrogantes sobre las consecuencias de cambios de las políticas dictadas por los gerentes de las empresas.

Recomendaciones

Para las empresas, y en especial la estudiada, es de vital importancia este tipo de estudios con los cuales puedan tomar decisiones respecto a la flexibilidad de la producción con la demanda variable en algunas épocas del año (temporadas). Para mejorar el desempeño de esta herramienta en esas situaciones se recomienda continuar la investigación de la siguiente manera:

- Realizar un estudio teniendo en cuenta por separado cada una de las operaciones y vinculando los otros productos desarrollados por la empresa (rosas y gypsophilas).
- Realizar un estudio teniendo en cuenta las temporadas del año (diciembre, febrero, mayo).
- Integrar al modelo otro tipo de variables como costos, mano de obra, reprocesos en producción.

Referencias bibliográficas

- Andersen, D. F. (1988). Foreword: Chaos in System Dynamics Models. *System Dynamics Review*, 4 (1-2), 3-13.
- Aracil, J. y Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Universidad.
- Clavijo, R., Ruiz, R., Martínez, L. E. y Crespo, A. (1991). El Mrp y el Kanban: un estudio comparativo. *Alta Dirección*, 155, 83-90.
- Espinosa, C. (2009). Estudio de métodos y tiempos para determinar el número óptimo de personal operativo en cada uno de los procesos del área de poscosecha de la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía Ltda. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Fórrester, J. W. (1972). *Dinámica industrial*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Haslett, T. (1998). *Local Rules: The Theory, the Application and the Chances of Success*. Proceedings of the Sixteenth International Conference of the System Dynamics Society. Québec'98. July 20-23. Québec: The System Dynamics Society.
- Mohapatra, K. J. and Sharna, S. K. (1985). Synthetic Design of Policy Decisions in System Dynamics Models: A Model Control Theoretical Approach. *System Dynamics Review*, 1 (1), 1-138.
- Mosekilde, E. y Larsen, E. (1988). Deterministic chaos in the beer production-distribution model. *System Dynamics Review*, 4 (1-2), 137-147.
- Tome y Miguillon (2000). *Gestión eficiente de inventarios*. Empresa de Consultoría en Logística Integral.
- Zhao, Ch. y Xu, Ch. (1986). Feedback and Delay in Planned Economy System. *The international conference of the system dynamics society. System Dynamics: on the move*, 1 (22-24), 655-659.

NICOLÁS CLAVIJO B.¹ - DELIO ALEXANDER BALCÁZAR C.² - ANDRÉS POLO R.³ -
JUAN SEBASTIÁN VEGA L.⁴

El efecto de las certificaciones de los sistemas de gestión de calidad en el desempeño financiero de las organizaciones del sector plásticos

Recibido: 9 de abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

El presente artículo expone, desde una perspectiva financiera, el efecto que tienen los procesos de certificación en Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) en el desempeño de las organizaciones. Para tal fin se abordará cuantitativamente el comportamiento financiero de las empresas correspondientes al sector de los plásticos en Colombia mediante la metodología del *Event Study*.

Palabras clave: *event study*, sistemas de gestión de calidad, desempeño financiero, plásticos, certificación.

The effect of certificates of quality management systems in the financial performance of plastics industry's companies

Abstract

This paper exposes, the effect of certification processes of Quality Management Systems (QMS) in the performance of the organizations, from a financial perspective, For this purpose, the financial performance of companies of the plastic industry in Colombia will be addressed quantitatively, through the Event Study Methodology.

Key words: Event study, quality management systems, financial performance, plastics, certification.

.....

¹ Ingeniero industrial, cMSc en Ingeniería Industrial con énfasis en Producción, Logística e Investigación de Operaciones, Fundación Universitaria Agraria de Colombia; docente coordinador de Investigación de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia. nicolasclbr@yahoo.es.

² Ingeniero industrial, cMSc en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística e Investigación de Operaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; profesional de Distribución, Bogotá, Colombia. alexefr@gmail.com

³ Ingeniero Industrial, MSc en Diseño y Gestión de Procesos con énfasis en Procesos Logísticos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia; docente coordinador de Proyección Social del Programa de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia. polo.andres@uniagraria.edu.co

⁴ Ingeniero Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia; docente, joven investigador del Programa de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia. vega.juan@uniagraria.edu.co

Introducción

Ante el dinamismo organizacional que experimenta todo tipo de compañía se encuentran los factores estratégicos como unos de los más importantes dentro del subsistema de dirección y control, generando relaciones y estrechos vínculos con otros subsistemas (Weiss, 2010); en él se gestiona la armonía entre la ejecución de macroprocesos, procesos y subprocesos en los niveles estratégicos, tácticos y operativos, en aras de posibilitar el cumplimiento de los objetivos, las metas y los logros y, consecuentemente, incrementar los niveles de competitividad de la organización.

El constante cambio del mercado, la fenomenología de la globalización, los cambios climáticos, la escasez de los recursos naturales, entre otras transformaciones relacionadas con el acelerado avance tecnológico, han impactado notablemente las tendencias del gerenciamiento de las organizaciones. Hoy en día los gerentes están pensando en estrategias para sostenerse en el mercado, tener negocios altamente rentables, manufacturar o prestar servicios bajo estructuras cada vez más productivas y generar un alto impacto en el consumidor y la competencia (competitividad). Para materializar en resultados las ambiciones de las organizaciones contemporáneas, los estrategas han decidido acudir a la implementación, al interior de sus compañías, de sistemas que permitan minimizar la probabilidad de fracaso en el competitivo mundo capitalista, inundado de cambios drásticos y constante innovación.

En este contexto, los sistemas de gestión han cobrado importancia actualmente debido al aumento de la rigurosidad en el momento de efectuar procesos de compras y ventas, nacionales o internacionales, a grandes o a pequeños clientes; es por esto que la excelencia de los productos o servicios que ofrece una compañía se convierte en un factor crítico para competir por un trozo del pastel que representa el mercado.

En el presente artículo se expondrá desde el punto de vista financiero el efecto que tienen

los procesos de certificación en el desempeño de las organizaciones, para tal fin se analizará el desempeño de las empresas correspondientes al sector productivo de los plásticos en Colombia mediante la metodología *Event Study*; primero se hará un análisis del sector, luego se expondrá el diseño metodológico utilizado, así como los análisis producto de la aplicación de tal diseño, generando al final las conclusiones pertinentes con base en los hallazgos realizados.

Análisis preliminar del sector

La estructura productiva de la cadena petroquímica-plástica y de fibras sintéticas aparece a mediados de la década de los sesenta bajo el plan quinquenal de la Empresa Colombiana de Petróleos (1965), con la producción de etileno y propileno y de algunos productos aromáticos como el benceno, tolueno, ciclohexano, ortoxileno y xilenos mezclados (DNP, 2011). En este periodo también inician actividades empresas productoras de petroquímicos intermedios como Policolsa, Petroquímica Colombiana, Andercol, Dow Química, Cyanamid de Colombia, Cobot Colombiana, Philips Petroquímica, Celanese (Quintex), Enka de Colombia, Polímeros Colombianos, y la empresa multinacional andina Monómeros Colombo Venezolanos.

La cadena petroquímica-plástica y de fibras sintéticas experimentó, en los años ochenta y noventa, un importante desarrollo empresarial, principalmente en las industrias de polímeros y resinas, y en la producción de bienes finales de plástico. En esta década se fundan empresas como Monofil, Promiplas y Plásticos Industriales; la construcción de plantas de polímeros de categoría mundial como Propilco, Dexton y Biofilm, y empresas productoras de productos plásticos como Novaplast, Rimax, Sulmex y Vaniplast.

Esta cadena se caracteriza por presentar una oferta competitiva, donde hay presencia de muchas empresas de tipo pequeño y mediano, en particular en la producción de plásticos, y de una importante

producción en la mayoría de las líneas, tanto para el mercado interno como externo. La oferta de los productos de plástico se dirige a una amplia gama de actividades industriales y de consumo final, como las manufacturas de autopartes, envases, empaques, juguetería, calzado, productos sanitarios y artículos de uso doméstico. Así mismo, esta oferta se orienta hacia sectores estratégicos como la construcción y la agricultura. En los últimos años, productos como el cloruro de polivinilo (PVC), el polipropileno, el poliestireno, las resinas PET y las fibras poliestéricas se constituyen en los principales rubros de exportación.

El sector de productos plásticos ha tenido un gran crecimiento y a su vez un aumento en la participación de la economía, lo cual representa un importante eslabón en la cadena productiva de Colombia; esta industria —química, plástico y caucho (QPC)— colombiana está compuesta por 1126 empresas, las cuales tuvieron una producción bruta representada de USD 5.705 millones (USD 1409 millones del sector plástico) en el 2003, correspondiente al 18,8% de

la participación en producción bruta industrial. Estas tres producciones sumadas representan en términos de producción el primer sector de la industria nacional (DANE, 2011).

Desde el punto de vista de importaciones y exportaciones, el mercado de los plásticos tuvo un crecimiento desde el año 2003 al 2005, representando aproximadamente 40 millones de dólares, pero este crecimiento no ha logrado un posicionamiento estable en la balanza de pagos ya que las exportaciones, no en todos los periodos, superan las importaciones, por tanto estos resultados afectan negativamente el producto interno bruto colombiano (tabla 1).

Durante el trienio 2006 a 2008 el procesamiento nacional de resinas plásticas creció de 785 mil toneladas en 2006 a 876 mil toneladas (11,6%) en 2007; posteriormente descendió 2,6% en el 2008 al registrar 853 mil toneladas. En general, el procesamiento de resinas plásticas registró el mismo comportamiento durante el periodo, excepto en las resinas PET para envases y láminas que creció durante los tres años.

Tabla 1. Indicadores de competitividad de productos plásticos

|  | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|-------|-------|--------|--------|--------|--|
| Año | Trimestre | Miles de dólares | | | Varación anual (%) | | IPL | | IRH | ICLU | | |
| | | Importaciones | Exportaciones | Balanza comercial | Importaciones | Exportaciones | TAE | TPI | | | | |
| 2001 | I | 56 137,6 | 44 007,4 | -12 130,2 | 26,33 | 18,85 | 14,84 | 19,47 | 103,28 | 97,98 | 96,73 | |
| | II | 60 259,2 | 52 961,8 | -7 297,4 | 25,15 | 33,03 | 17,80 | 21,18 | 97,55 | 100,51 | 101,87 | |
| | III | 59 492,8 | 53 680,2 | -5 812,6 | 12,94 | 26,01 | 17,43 | 20,23 | 97,58 | 99,38 | 101,48 | |
| | IV | 60 632,6 | 49 763,7 | -10 868,9 | -1,07 | 20,70 | 16,17 | 20,34 | 101,59 | 102,12 | 99,92 | |
| 2002 | I | 53 850,7 | 51 884,7 | -1 966,0 | -4,07 | 17,90 | 17,20 | 18,95 | 102,87 | 110,36 | 108,11 | |
| | II | 61 832,5 | 59 392,7 | -2 439,8 | 2,61 | 12,14 | 18,38 | 20,19 | 103,62 | 112,23 | 107,66 | |
| | III | 62 511,6 | 65 552,8 | 3 041,2 | 5,07 | 22,12 | 21,77 | 22,06 | 108,62 | 110,44 | 88,70 | |
| | IV | 60 762,0 | 57 820,7 | -2 941,3 | 0,21 | 16,19 | 19,23 | 21,21 | 115,97 | 113,22 | 80,45 | |
| 2003 | I | 56 406,1 | 55 558,1 | -848,0 | 4,75 | 7,08 | 19,83 | 21,25 | 113,71 | 116,40 | 80,01 | |
| | II | 59 330,4 | 60 507,6 | 1 177,3 | -4,05 | 1,88 | 20,98 | 22,07 | 107,39 | 119,63 | 89,20 | |
| | III | 64 496,1 | 68 174,2 | 3 678,1 | 3,17 | 4,00 | 21,67 | 21,99 | 107,10 | 113,81 | 85,55 | |
| | IV | 70 334,3 | 62 820,6 | -7 513,7 | 15,75 | 8,65 | 19,33 | 22,49 | 113,78 | 119,28 | 84,78 | |
| 2004 | I | 62 891,2 | 67 979,6 | 5 088,4 | 11,50 | 22,36 | 19,53 | 19,56 | 114,19 | 122,06 | 90,58 | |
| | II | 72 791,6 | 73 015,3 | 223,7 | 22,69 | 20,67 | 20,04 | 21,30 | 111,36 | 127,44 | 97,73 | |
| | III | 76 840,7 | 87 769,5 | 10 928,9 | 19,14 | 28,74 | 22,02 | 21,16 | 108,98 | 123,20 | 99,89 | |
| | IV | 93 836,7 | 87 213,8 | -6 622,9 | 33,42 | 38,83 | 20,75 | 23,65 | 110,07 | 125,14 | 104,23 | |
| 2005 | I | 86 972,4 | 82 334,1 | -4 638,2 | 38,29 | 21,12 | 18,84 | 21,04 | 112,85 | 134,21 | 116,22 | |
| | II | 100 568,7 | 102 693,5 | 2 124,8 | 38,16 | 40,65 | 20,71 | 21,76 | 113,18 | 129,17 | 112,11 | |
| | III | 100 058,1 | 103 528,8 | 3 470,7 | 30,22 | 17,96 | 20,63 | 21,45 | 112,43 | 128,70 | 114,10 | |

Fuente: DANE (2011).

Los materiales más demandados durante este trienio fueron los polietilenos (33,4%), los polímeros de propileno (25%), los policloruros de vinilo (21%), los poliestirenos (6,4%) y las resinas de polietilen-tereftalato (PET) (6,2%), los cuales representan en conjunto el 92% del total nacional.

Al tomar en consideración la cifra de 45'101.766 de habitantes permanentes en Colombia, resultado de proyecciones del DANE sobre el Censo General del 2005, el consumo per cápita anual de materias plásticas en el país es del orden de 18,9 kilogramos por habitante (Colombiaplast, 2011), de ahí la importancia que el sector representa para el país, y la razón por la cual fue seleccionado para realizar este estudio.

Diseño metodológico

Para dar respuesta al objeto de estudio de la presente investigación, el cual es evaluar el impacto de las certificaciones de los Sistemas de Gestión de Calidad en el desempeño financiero de las compañías, se optó por el Estudio de evento (*Event Study*), cuya efectividad ha sido probada por autores como Wayhan, Kirche y Khumawala (2002), y Corbett, Montes y Kirsch (2005).

En el desarrollo del método *Event Study* se determina un año base a partir de la ocurrencia del evento estudiado, para luego realizar un análisis previo y otro posterior a la ocurrencia del mismo, con el fin de identificar si el evento marcó una diferencia significativa en el objeto de estudio. Con este propósito en mente, el método de desarrollo del *Event Study* propone la identificación de dos grupos para realizar un análisis de contrastación, el grupo del evento y el grupo de control, es decir, aquel grupo conformado por todos los sujetos de la muestra que no fueron objeto de la influencia del evento.

Para el caso que concierne a esta investigación se estudiará el efecto que la certificación de calidad tiene sobre el desempeño financiero de una organización del sector productivo correspondiente a la elaboración de productos plásticos.

El desempeño financiero se medirá en función de la capacidad de la empresa para generar

retorno sobre los activos que utiliza para su labor (Schoorman, 1997), de tal manera se utilizará el *Return on Assets* (ROA) y el *Return on Sales* (ROS); al utilizar el ROA se medirá la productividad de la organización comparando los recursos invertidos frente a los resultados alcanzados. Para obtener tales indicadores se utilizarán los estados financieros que las compañías del sector reportaron durante un periodo de diez años, desde 1999 hasta el año 2009.

Selección de la muestra

Para seleccionar la muestra se tomaron como base los datos financieros que empresas del sector de la elaboración de productos plásticos reportan anualmente a la Superintendencia de Sociedades de Colombia, de tal manera el estudio dispuso de los datos registrados durante diez años, desde el año 1999 hasta el 2008, para realizar el análisis.

De tal muestra se realizó una depuración eliminando los puntos atípicos (que para nuestro caso estaban representados por empresas con un valor de ROA o ROS superior al 100%) representados en la práctica por empresas que se encontraban en liquidación o bajo circunstancias atípicas con el propósito de generar una muestra homogénea.

Después de aplicar tales filtros preliminares para garantizar una muestra homogénea, se estableció un intervalo de +/- 10% sobre el ROA Promedio, determinando una muestra de empresas que cumpliera con tal criterio, por cada año del horizonte de tiempo analizado; al aplicar este procedimiento durante un intervalo de diez años se determinó el año en el cual el mayor número de empresas del total de la muestra clasificaran en tal intervalo.

Después de verificar el número de empresas en cada intervalo se buscó el año en el cual el número de estas en el intervalo era mayor; para nuestro caso el año en el cual el mayor número de empresas clasificaba en el intervalo fue el 2007.

Tomando como base el año 2007 se verificó cuáles de las empresas en el intervalo tenían certificaciones de su Sistema de Gestión de Calidad.

Tabla 2. Empresas certificadas

| Empresa | Norma | Ente certificador | Año de certificación |
|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| Exiplast Ltda. | ISO 9002/94 | Icontec | 2000 |
| PVC Gerfor S.A. | ISO 9002/94 | Icontec | 1998 |
| Proenfar S.A. | ISO 9001: 1994 | SGS Internacional | 2002 |
| Troformas Ltda. | ISO 9001: 1994 | Icontec | 2004 |

Fuente: elaboración propia.

De esta manera se obtuvieron cuatro aciertos.

Al verificar el año de certificación de las empresas se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 2.

Teniendo como base el horizonte de tiempo del estudio se eliminaron las empresas certificadas en los años 1998 y 2000 porque no se contaban con datos necesarios para realizar el estudio en el horizonte de tiempo de los tres años antes y después del evento; la empresa Proenfar S.A. también se eliminó de la muestra ya que no presentaba continuidad en el reporte de sus estados financieros.

A partir de lo anterior se determinó el año evento como aquel en el cual se certificó la empresa Troformas Ltda., que es la única que presenta continuidad en el reporte de sus estados financieros y cumple con los requisitos de continuidad a través del transcurso del análisis.

Seleccionado el año 2004 como año evento, se identificaron las empresas que en ese año se encontraban dentro del intervalo de 10% de variación del ROA promedio y que cumplieran con el criterio de continuidad en la presentación de sus estados financieros durante los seis años del análisis.

Para este estudio el ROA se ha calculado como indicador financiero útil para la medición de los niveles de rentabilidad de la organización y a partir de esta medida se determina el rango en el cual estarán las compañías por estudiar (rango de 10% para este estudio); el ROA fue calculado bajo valores netos y no brutos, con el propósito de trabajar con datos que representen la realidad financiera de las organizaciones en cuestión, abordando tópicos como provisiones —teniendo en cuenta que son dineros que las organizaciones asumen como de difícil ingreso y no generadores de liquidez—, y por otro lado depreciaciones, dado que las compañías en cuestión son manufactureras y gran parte de sus activos fijos son maquinaria y equipo cuyo valor comercial decae contablemente de manera acelerada debido al rápido avance tecnológico.

Resultados

Mediante el análisis preliminar y la aplicación de estadística descriptiva fue posible observar que en el sector de la elaboración de productos de plástico

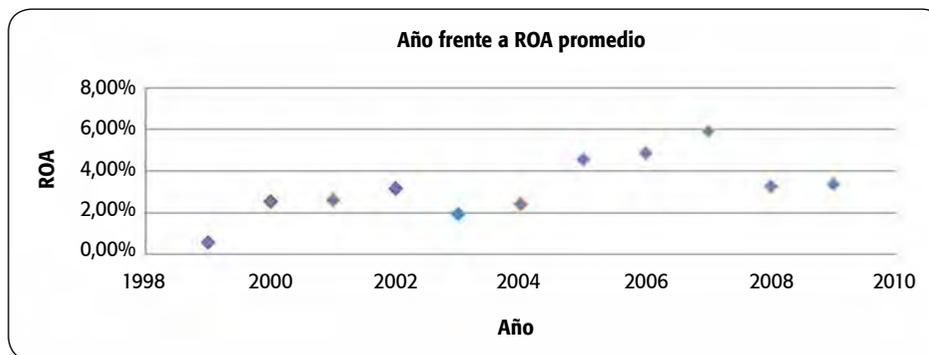


Figura 1. Evolución del ROA promedio en horizonte de tiempo estudiado

Fuente: elaboración propia.

se experimentaron dos momentos de crecimiento y dos momentos de receso en el horizonte de tiempo estudiado; el ROA, el ROS y los ingresos marginales demuestran tal hecho (figuras 1, 2 y 3).

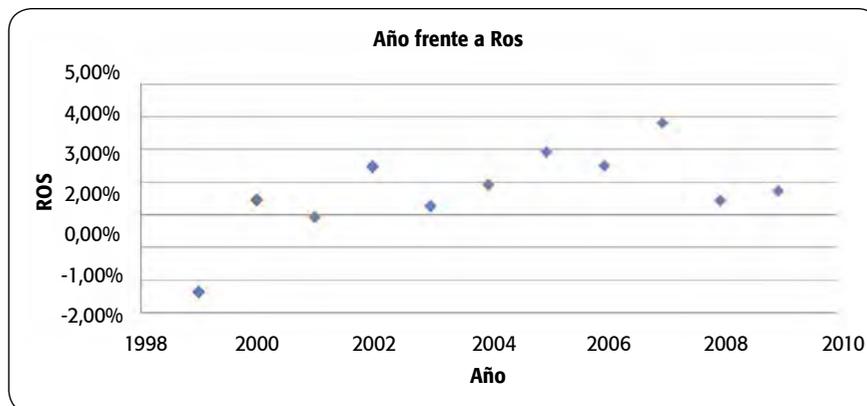


Figura 2. Evolución del ROS promedio en horizonte de tiempo estudiado

Fuente: elaboración propia.

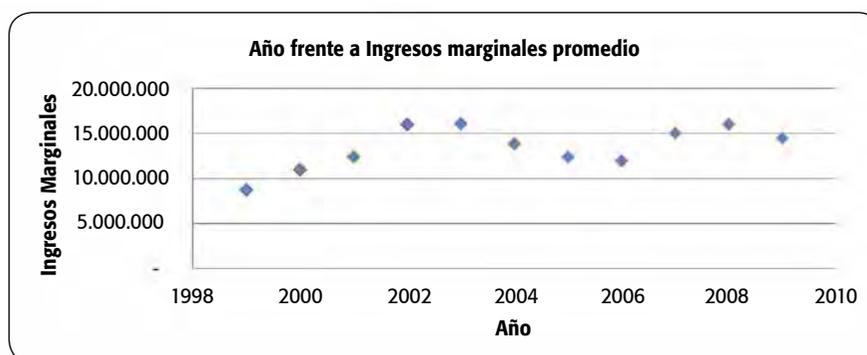


Figura 3. Evolución de los ingresos marginales promedio en horizonte de tiempo estudiado

Fuente: elaboración propia.

El desempeño mencionado del sector también puede verse en la tabla 3, en la cual se muestra el aumento en el número de empresas en el sector en el año 2005.

Tabla 3. Resumen de medidas de desempeño financiero

| Año | N | n Roa | n Ros | Prom Roa (%) | Desv Roa (%) | Prom Ros (%) | Dev Ros (%) | INDX1 | INDX1/N | INDX2 | INDX2/N | Ingresos sector | ING/N |
|------|-----|-------|-------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------|---------|--------|---------|-----------------|------------|
| 1999 | 166 | 2 | 0 | 0,58 | 10 | -1,36 | 16 | 97,75 | 0,59 | -62,70 | -0,38 | 1.451.418.094 | 8.743.482 |
| 2000 | 171 | 11 | 4 | 2,54 | 9 | 1,46 | 15 | 267,57 | 1,56 | 174,77 | 1,02 | 1.876.612.814 | 10.974.344 |
| 2001 | 172 | 8 | 3 | 2,61 | 9,92 | 0,93 | 14,64 | 274,25 | 1,59 | 130,09 | 0,76 | 2.132.169.363 | 12.396.334 |
| 2002 | 173 | 6 | 7 | 3,16 | 9,25 | 2,48 | 12,68 | 323,44 | 1,87 | 264,20 | 1,53 | 2.765.609.412 | 15.986.182 |
| 2003 | 169 | 9 | 4 | 1,94 | 9,70 | 1,27 | 13,87 | 214,27 | 1,27 | 157,20 | 0,93 | 2.718.163.129 | 16.083.805 |
| 2004 | 177 | 8 | 5 | 2,41 | 11,59 | 1,92 | 13,39 | 263,71 | 1,49 | 220,15 | 1,24 | 2.450.908.753 | 13.846.942 |
| 2005 | 319 | 18 | 18 | 4,56 | 9,42 | 2,93 | 10,96 | 776,61 | 2,43 | 13,17 | 0,04 | 3.951.587.855 | 12.387.423 |
| 2006 | 372 | 19 | 23 | 4,87 | 9,80 | 2,50 | 12,74 | 955,26 | 2,57 | 515,35 | 1,39 | 4.448.755.697 | 11.959.021 |
| 2007 | 341 | 24 | 31 | 5,91 | 7,95 | 3,81 | 6,86 | 1057,71 | 3,10 | 700,31 | 2,05 | 5.125.571.669 | 15.031.002 |
| 2008 | 339 | 12 | 6 | 3,27 | 10,31 | 1,44 | 11,48 | 603,64 | 1,78 | 293,91 | 0,87 | 5.427.668.311 | 16.010.821 |
| 2009 | 372 | 21 | 20 | 3,37 | 8,33 | 1,73 | 10,40 | 677,12 | 1,82 | 372,50 | 1,00 | 5.382.876.707 | 14.470.099 |

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Después de determinar el grupo del evento y el grupo de control se calculó la variación promedio de cada uno en cuanto a las medidas de desempeño por estudiar, obteniendo los resultados expuestos en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Variación de las medidas de desempeño del grupo del evento

| AÑO | ROA (%) | ROS (%) | INX1 | INX2 |
|------|---------|---------|-------|-------|
| 2001 | NA | NA | NA | NA |
| 2002 | -0,01 | 0,44 | -0,04 | 0,19 |
| 2003 | -6,65 | -5,28 | -3,29 | -2,61 |
| 2004 | 1,17 | 1,16 | 0,62 | 0,61 |
| 2005 | -1,58 | -1,33 | -0,85 | -0,73 |
| 2006 | -1,77 | -1,50 | -0,90 | -0,76 |
| 2007 | 6,82 | 5,48 | 3,42 | 2,74 |

Fuente: elaboración propia.

Además de esto, se calculó el Desempeño Anormal (*Abnormal Performance*) del grupo del

evento, definido como: $AP = \text{Desempeño promedio del grupo de estudio en el periodo } t \text{ menos el valor esperado del desempeño}$; donde el valor esperado del desempeño está dado por el desempeño promedio del grupo de estudio en el periodo inmediatamente anterior, sumado a la variación que experimentó el grupo de control de un periodo a otro, de tal forma se obtuvo el AP de la tabla 6.

Con el propósito de verificar si las diferencias en las medidas de desempeño financieras de los dos grupos eran significativas, se formuló la siguiente hipótesis:

Ho: no existe diferencia significativa en el desempeño financiero de los dos grupos.

De tal manera se realizaron dos pruebas estadísticas para probar tal hipótesis; en primer lugar se utilizó la prueba paramétrica t-Student, obteniendo los resultados presentados en la tabla 7.

Luego, para validar los resultados obtenidos en la prueba t, se realizó una prueba de Wilcoxon; en ambas se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Ninguna de las dos pruebas rechazó la hipótesis nula, por tanto, no es posible afirmar que los desempeños financieros de los grupos del evento y de control son significativamente diferentes.

Tabla 5. Variación de las medidas de desempeño del grupo control

| AÑO | ROA (%) | ROS (%) | INX1 | INX2 |
|------|---------|---------|-------|-------|
| 2001 | NA | NA | NA | NA |
| 2002 | 4,00 | 3,99 | 1,96 | 1,96 |
| 2003 | -2,85 | -3,64 | -1,40 | -1,80 |
| 2004 | 2,20 | 3,10 | 1,14 | 1,59 |
| 2005 | -0,05 | -2,40 | -0,10 | -1,28 |
| 2006 | -2,66 | -9,66 | -1,34 | -4,84 |
| 2007 | 1,08 | 4,69 | 0,53 | 2,33 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Desempeño anormal del grupo evento

| AÑO | ROA (%) | ROS (%) | INX1 | INX2 |
|------|---------|---------|-------|-------|
| 2001 | NA | NA | NA | NA |
| 2002 | -4,02 | -3,55 | -2,00 | -1,77 |
| 2003 | -3,80 | -1,64 | -1,89 | -0,81 |
| 2004 | -1,03 | -1,94 | -0,53 | -0,98 |
| 2005 | -1,53 | 1,06 | -0,75 | 0,55 |
| 2006 | 0,89 | 8,16 | 0,44 | 4,08 |
| 2007 | 5,74 | 0,79 | 2,89 | 0,41 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Resultados de la aplicación de las pruebas estadísticas

| Prueba T2 Variaciones | | | | | Prueba T2 Ap Vs Variación grupo control | | | | |
|------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|---|------------------------|-----------|------------|------------|
| Prueba T2 | ROA | ROS | INX1 | INX2 | Prueba T2 | ROA | ROS | INX1 | INX2 |
| 2,22813884 | 0,77482683 | 0,86365907 | 0,77918404 | 0,85993888 | 2,22813884 | 0,6327445 | 0,6997905 | 0,64642906 | 0,69070719 |
| Prueba Wilcoxon | | | | | | | | | |
| Variación Roa: | Variación Ros | | Variación INDX1 | | Variación INDX2 | | | | |
| Test Statisticsb | Test Statisticsb | | Test Statisticsb | | Test Statisticsb | | | | |
| Z | ROAE - ROAC | ROSE-ROSC | | INDX1E- INDX1C | | INDX2E- INDX2C | | | |
| Z | -,734a | Z | -,314a | Z | -,734a | Z | -,314a | | |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | ,463 | Asymp. Sig. (2-tailed) | ,753 | Asymp. Sig. (2-tailed) | ,463 | Asymp. Sig. (2-tailed) | ,753 | | |

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

En el caso del sector productivo de los plásticos, y para el horizonte de tiempo analizado, fue posible establecer que el desempeño de la empresa que representa el grupo del evento, la cual obtuvo la certificación de su sistema de gestión de calidad en el año 2004, no fue significativamente diferente al desempeño de las empresas que representaban el grupo de control y no obtuvieron certificaciones de su sistema de gestión de calidad. Por tanto, es posible afirmar que dentro de los parámetros establecidos en este estudio, y contando con un nivel de significancia estadística de 0,05, la certificación del sistema integrado de gestión no tiene un efecto significativo en el desempeño financiero de una organización del sector de los plásticos.

Referencias bibliográficas

Colombiaplast (2011). *Colombiaplast*. Informe Sectorial. Recuperado de: http://www.colombiaplast.com/info_sectorial.php

Corbett, M. M. (2005). The Financial impact of ISO 9000 certification in the United States: An Empirical Analysis. *Management Science*, julio.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2011). Indicadores de Competitividad de Productos Plásticos. Recuperado de: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=59

Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2011). DNP. Petroquímica, plásticos y fibras sintéticas: Recuperado de: http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDE_Desarrollo_Emp_Industria_Plásticos.pdf

Schuurman, H. (1997). *Quality management and competitiveness the diffusion of the ISO 9000 standards in latin america and recommendations for government strategies*. Santiago de Chile: United Nations, Division of Production, Productivity and Management.

Universidad Externado de Colombia (2006). *Avances de estrategia y prospectiva*. Bogotá: U. Externado.

Wayhan, K. E. (2002). ISO 9000 certification: The financial performance implications. *Total Quality Management*, 13.

Weiss, J. L. (2010). *Cambio empresarial y tecnologías de información en Colombia*. Bogotá: Unibiblos.

Descripción del proceso de transferencia para la aplicación de gestión por competencias en una empresa de servicios

Recibido: abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

En este documento se presenta una descripción del proceso de transferencia de una tecnología de gestión de personal conocida como Gestión por Competencias en una mediana empresa del sector de servicios fiduciarios ubicada en Bogotá. Se incluyen la metodología, los resultados y la influencia del proceso en el aprendizaje de la organización. Esta última con énfasis en la transmisión, el uso, la asimilación y la creación de conocimiento. El objetivo inicial del proyecto fue dar solución a una no conformidad encontrada después del proceso de auditoría externa para recertificación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), bajo ISO 9001:2008, relacionada con la forma en que estaban definidas las habilidades de los cargos y la evaluación de las mismas para el personal de los diferentes niveles.

Se describe la metodología utilizada en cada etapa de la asesoría y los resultados. La adquisición, mediante conceptos y herramientas que el asesor transmite utilizando diferentes estrategias. El uso, por medio de la solución de problemas y casos propuestos analizados. La asimilación, con la aplicación y adaptación de los conceptos a la situación propia de la empresa. Finalmente, la creación, con el diseño de su propio diccionario de competencias y el formato para la evaluación del desempeño.

En la última parte se presenta un análisis general de los resultados sobre la relación entre la gestión por competencias y la gestión de conocimiento en la empresa y cómo esta estrecha relación redundará en mejores resultados para las compañías. Así mismo, se hace énfasis en cómo el trabajo con el personal a cargo de los procesos es fundamental para que la transferencia de tecnología tenga éxito.

Palabras clave: competencias, tecnología, transferencia.

Description of the transfer process for implementing competency management in a service company

Abstract

This paper presents a description of the transferring technology process known as personnel management skills in a fiduciary services enterprise located in Bogotá. This includes the methodology, results and influence

.....

¹ Msc. en Ingeniería Industrial; especialista en Administración de Empresas; ingeniera agrícola e ingeniera industrial; asesora; investigadora, docente y consultora independiente. elipardom@gmail.com

of the learning process in the organization. The latter emphasizing the transmission, use, assimilation and creation of knowledge.

The initial aim of the project was to solve nonconformance found after external audit process recertification Quality Management System (QMS) under ISO 9001:2008, related to the way skills were defined charges and evaluating them for staff at different levels.

This paper presents the methodology used in each stage of the consultation and the results. The acquisition was using concepts and tools that the advisor transmitted using different strategies. The use, by means of the solution of problems and proposed cases analyzed. Assimilation was with the application and adaptation of concepts to the specific situation of the company. Finally, the creation, in this case was necessary design of your own dictionary of competencies and the format for performance evaluation.

In the last part presents an overview of the results on the relationship between competence management and knowledge management in the company and how this close relationship results in better outcomes for companies. Likewise, the emphasis is on how to work with the staff in charge of the process, is essential for the successful technology transfer.

Key words: Skills, technology, transfer.

Introducción

En este apartado se hace una breve descripción del marco conceptual relacionado con el trabajo desarrollado. Básicamente se incluyen conceptos sobre la gestión por competencias y la transferencia de tecnología, dado que el objetivo principal es dar a conocer el proceso de transferencia de esta tecnología en una empresa de servicios del sector fiduciario. El objetivo general de este documento es presentar una descripción del proceso de transferencia de una tecnología de gestión de personal relacionada con Gestión por Competencias, en una mediana empresa del sector de servicios fiduciarios ubicada en Bogotá.

Gestión por competencias

El Decreto 2539 de 2005, de la Presidencia de la República de Colombia (por el cual se establecen las competencias laborales generales para los empleos públicos de los distintos niveles jerárquicos de las entidades) define las competencias laborales como “la capacidad de una persona para desempeñar, en diferentes contextos y con base en los requerimientos de calidad y resultados esperados, las funciones inherentes a un empleo; capacidad

que está determinada por los conocimientos, destrezas, habilidades, valores, actitudes y aptitudes que debe poseer y demostrar el empleado”. Este enfoque de gestión por competencias ha tomado fuerza en los últimos años como una estrategia para mejorar los procesos de selección, formación, evaluación y desarrollo del personal dentro de la organización.

Las personas en las organizaciones deben contar con las competencias técnicas necesarias para el desempeño de sus actividades, pero también con competencias de gestión alineadas con las políticas, los objetivos y los valores institucionales tales como iniciativa, orientación al cliente, trabajo en equipo, etc. Estas últimas también son conocidas por algunos autores como competencias genéricas que se relacionan con los comportamientos y las actitudes laborales propios de diferentes ámbitos de producción o la prestación del servicio.

La gestión por competencias es una filosofía de dirección de personas (Fernández, 2008). Adicionalmente, Arie de Geus (citado por Fernández, 2008), afirma que la gestión por competencias es una filosofía que permite ligar las capacidades organizativas esenciales (*core competences*) con los conocimientos y las cualidades que hay que poner en juego para desempeñar sus puestos de trabajo.

Transferencia de tecnología

En este artículo se entiende la tecnología como conocimientos, medios técnicos e información con aplicación industrial, comercial, que puede ser usada sistémicamente. Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, por sus siglas en inglés) citada por Parra, Rodríguez y Cavelier (2004), se entiende por transferencia de tecnología “la transferencia de los conocimientos sistemáticos para la fabricación de un producto, la aplicación de un proceso o la prestación de un servicio”. Para Cañas (1989), es el traspaso de un conjunto de conocimientos, prácticas productivas, etc., de una entidad a otra. Finalmente, Castellanos (2007) destaca la transferencia de tecnología como un proceso compuesto por elementos interrelacionados entre sí, los cuales están orientados, en últimas, a satisfacer las necesidades de los usuarios con el propósito de mejorar su nivel de vida.

Cordovez (1991) destaca además que la transferencia de tecnología es: “la utilización de una tecnología en una instancia donde no ha sido previamente usada”, la “aplicación de tecnología a un nuevo uso o usuario” o la “aplicación de una tecnología en un contexto diferente al contexto en el que fue desarrollada”. Adicionalmente, también señala que la tecnología puede ser transferida a través de un amplio rango de mecanismos. Dentro de estos se encuentran los contratos de provisión de conocimientos técnicos (consultoría, asesoría y asistencia técnica) y la capacitación. En este caso, se hace uso de consultoría, asesoría y capacitación, principalmente.

De acuerdo con la clasificación de Moreno (1985) se transfieren tecnologías desincorporadas que se encuentran disponibles en los libros y por tanto son de conocimiento público. Así mismo, por los temas transferidos se trata de tecnologías blandas las cuales, según el mismo autor, incluyen: metodologías, procedimientos, estilos de administración, etc. Es decir, agrupa los conocimientos

de tipo organizacional, administrativo y de comercialización excluyendo los aspectos técnicos.

La transferencia efectiva de tecnologías (en este caso relacionada con gestión por competencias) implica en este caso transmisión de conocimiento, uso, asimilación y generación.

Para terminar, es importante tener presente que el proceso de transferencia de tecnología implica aprendizaje. Este se entiende como “la ampliación de la capacidad de acción efectiva en un dominio determinado” (Reyes, 2006).

Metodología

Se ha seleccionado el estudio de caso como estrategia para la presentación de este documento porque ha sido reconocido como útil para los estudios organizacionales y de gestión, dentro de los cuales se enmarca este proyecto, y teniendo en cuenta que este pretende explicar el cómo del proceso de transferencia de tecnología en una organización en particular. En este sentido, el estudio de caso es un método empírico que investiga un fenómeno contemporáneo en el contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes. Es decir, busca de manera deliberada unas condiciones del contexto (Yin, 1994).

El artículo pretende ilustrar el paso a paso del proceso de transferencia y por ello se recurre a describir las actividades realizadas en cada etapa. Este trabajo surge por la necesidad manifestada por la empresa de servicios fiduciarios, resultado de una no conformidad encontrada en el 2010, después del proceso de auditoría externa para recertificación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), bajo ISO 9001:2008, relacionada con la forma en que estaban definidas las habilidades de los cargos y la evaluación de las mismas para el personal de los diferentes niveles.

Como resultado de esta necesidad, la autora presenta una propuesta de capacitación y asesoría, la cual es aceptada por la empresa y cuya metodología se describe a continuación.

El primer paso para el desarrollo del proceso de transferencia fue la revisión de información disponible (manuales de funciones, criterios de evaluación, procedimientos relacionados, entre otros) para tener un diagnóstico de la situación actual en el tema. Posteriormente se inicia el proceso con la capacitación teórico-práctica del personal de recursos humanos (proceso de transmisión de conocimiento) en el cual se utilizan diferentes estrategias, como: presentaciones, casos, ejemplos, tareas, talleres, etc. A la par con la capacitación se desarrollan las primeras actividades de asesoría en el uso de los conocimientos en la solución independiente de situaciones, casos y problemas planteados que permitieron diferenciar qué es una competencia, su identificación y la descripción de los distintos niveles de complejidad.

La asimilación se da con la aplicación y adaptación de los conceptos a la situación propia de la empresa, lo cual permitió definir las competencias

claves de gestión de la organización, sus niveles y las competencias por cargo.

La metodología seguida en esta parte del proceso incluyó la identificación de las competencias claves de acuerdo con la misión, la visión, los objetivos y la cultura de la empresa. Luego se definieron competencias específicas realizando un análisis vertical (por áreas) y horizontal (por funciones).

Finalmente, en la última etapa del proceso se considera que existió creación, ya que se diseña un diccionario de competencias propio para la empresa (incluye grados o niveles), se ajustan los perfiles de acuerdo con las competencias requeridas y se realiza el nuevo diseño del formato para la evaluación del desempeño con base en competencias definidas.

En la figura 1 se muestra el esquema general del proceso y su interrelación con cada una de las etapas del proceso de transferencia. Cada una de las actividades adelantadas se detalla en el siguiente apartado.

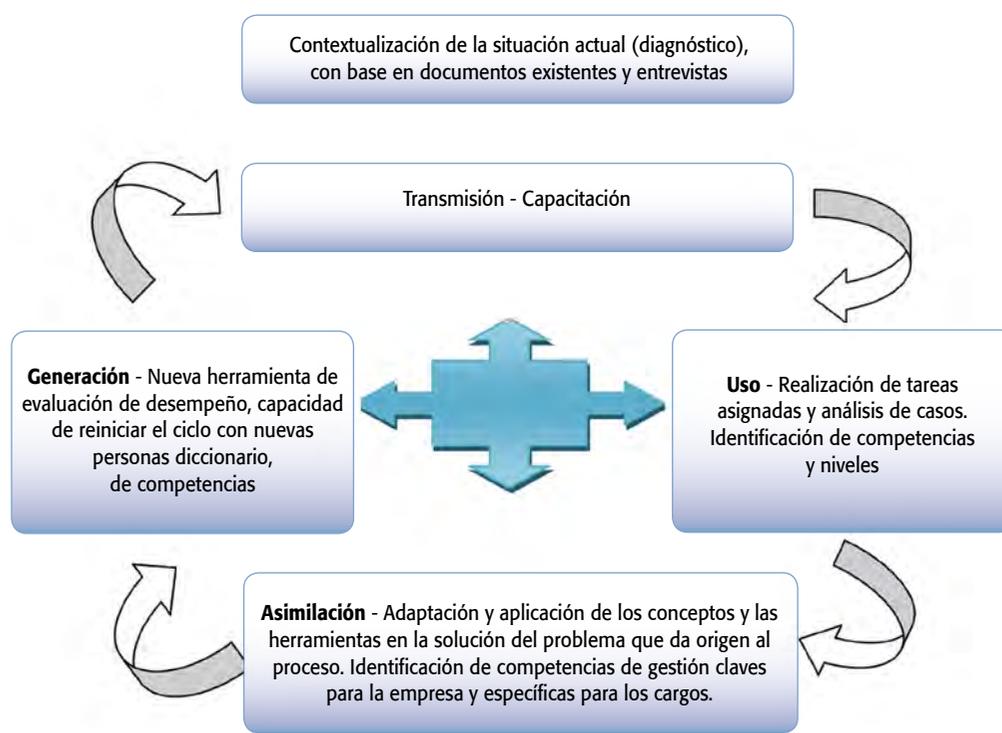


Figura 1. Proceso de transferencia de tecnología en la empresa

Fuente: elaboración propia.

Este proceso les permite tener suficiente dominio operacional y conceptual para transmitir esta tecnología a otras sedes u otras empresas del sector con características similares en el futuro.

Descripción del proceso de transferencia

En este apartado se presentan los pasos llevados a cabo para la incorporación de la gestión por competencias (genéricas o de gestión) en una mediana empresa del sector de servicios fiduciarios.

Diagnóstico inicial

Para el diagnóstico se solicitó el manual de perfiles de cargo de la empresa, se hizo un reconocimiento de la misión, la visión y las políticas de la entidad para alinear la temática de la capacitación teórico-práctica y la asesoría.

Como resultado del análisis de esta documentación y las primeras entrevistas con el personal de calidad y de recursos humanos se presentó un diagnóstico general de los perfiles de cargo actuales donde se detectaron debilidades o aspectos por tener en cuenta para su mejoramiento. Dentro de los puntos importantes encontrados en este proceso se destacan: inconsistencias entre el organigrama actual de la organización y los perfiles de cargo existentes; en varios de los perfiles el componente de competencias específicas (educación, formación, experiencia, principalmente) da la impresión de estar diseñado para que las personas que ocupan dichos puestos en la actualidad lo cumplan, y no pensando en los requerimientos deseables para realizar procesos de selección y de incorporación adecuados, que propendan por que el personal que ingrese tenga las capacidades y habilidades mínimas requeridas para el desempeño de dichos cargos; y, aunque se tienen definidas las habilidades para la totalidad de los cargos, estas no contemplan los diferentes niveles de complejidad de los cargos desempeñados, por tal razón su evaluación se hace de manera uniforme.

Capacitación en gestión por competencias

Una vez realizado el diagnóstico se planteó como estrategia para contribuir con el mejoramiento en la definición de los perfiles de cargo actuales desarrollar el trabajo de capacitación en “Gestión de personal por competencias” con las personas del área de recursos humanos. Esto se hizo con el fin de empezar a eliminar la debilidad existente en la formación específica de dichas personas, especialmente en lo relacionado con el tema de gestión de recursos humanos.

Por ello se programó y desarrolló una capacitación con las responsables de los procesos de Gestión de recursos en el tema de gestión por competencias (conceptos, procedimiento de aplicación, estrategias de evaluación del desempeño). Las capacitaciones se desarrollaron con dos componentes: el teórico, en el cual se explicaron los conceptos y ejemplos de aplicación de los mismos, y el práctico, en el cual los participantes analizaron casos y desarrollaron ejercicios propios de la realidad de la organización.

En las sesiones se llevaron a cabo juegos para evaluar el uso de los conocimientos: sopas de letras, rompecabezas, análisis de casos, resolución de problemas, ejercicios de estrategias de producción, entre otros. Cada uno de los ejercicios buscaba determinar las diferentes habilidades que se desarrollan y su adecuada o inadecuada aplicación.

Los ejercicios se enfocaron principalmente en la identificación y definición de competencias de gestión (genéricas y específicas), en establecer los grados de cada competencia, en diseñar estrategias para considerar dichas competencias en el proceso de selección y en el proceso de evaluación de desempeño.

Como resultado los participantes entendieron la diferencia entre el enfoque tradicional de gestión de recursos humanos y el enfoque por competencias y contribuyeron con la aplicación de los conceptos en la empresa. Esto último se ve reflejado en la definición de las competencias de gestión para los cargos de la empresa.

La evaluación de la capacitación permitió evidenciar que las participantes entendieron el concepto de competencia, aprendieron a identificarlas y a definir las y, adicionalmente, fueron capaces de plantear estrategias para evaluar dichas competencias dentro del proceso de selección (en este último paso se debe trabajar aún más, pero no era el objetivo del trabajo). Adicionalmente, se encontró que dentro de las participantes el nivel de aprendizaje no fue homogéneo dado los diferentes roles que desempeña cada una en la empresa.

Construcción del diccionario de competencias

Una vez finalizado el proceso de capacitación se inicia el proceso de asesoría para la aplicación de los conceptos al caso específico de la empresa de servicios. Por experiencia de la autora este proceso siempre se debe desarrollar con el personal de la compañía para que las personas se sientan parte del proceso y vayan encontrando errores y resolviendo los problemas que se presenten en la realidad. Adicionalmente, es un requisito para que haya un proceso de aprendizaje para las personas involucradas y para la organización.

Inicialmente, con base en la planeación estratégica de la empresa (misión, visión, objetivos de calidad) se identifican y definen las competencias claves del negocio. Estas son: liderazgo, trabajo en equipo, servicio al cliente, organización y planeación. En este sentido se concluye que cualquier persona que ingrese a la compañía debe contar con estas habilidades.

Posteriormente se hizo un análisis horizontal donde se definieron cinco niveles de cargos de acuerdo con el organigrama y la complejidad de las funciones. A partir de estos niveles se identificaron las habilidades o competencias de gestión de cada uno, de donde se obtienen las otras once competencias incluidas en el diccionario: Autonomía, Carácter, Autocontrol, Compromi-

so, Comunicación, Conocimiento del entorno, Delegación, Iniciativa y creatividad, Integridad, Relaciones externas e internas, Tolerancia a la presión y Toma de decisiones

Una vez identificadas se trabajó en la definición de cada una de ellas. Para ello se tomaron como referentes: las definiciones actuales, la bibliografía relacionada y la experiencia de cada persona para obtener una definición sencilla y concreta.

Adicionalmente, se buscó trabajar en las habilidades técnicas específicas requeridas por áreas por medio de un análisis vertical, pero se llegó a la conclusión de que es mejor revisar el componente "Formación" de cada perfil y, además, es necesario que los miembros de las diferentes áreas contribuyan con su identificación para que correspondan a las necesidades reales y no a los supuestos del área de recursos humanos.

En este sentido, se destaca que se trató de hacer el ejercicio de obtenerlas con el personal de las gerencias y subgerencias pero la información otorgada fue demasiado superficial para ser tenida en cuenta como un resultado.

De otra parte, para la definición de los diferentes niveles y el ajuste de las definiciones de las competencias identificadas se desarrolló un trabajo independiente. Luego, por medio de sesiones de trabajo con las personas participantes responsables del proceso, se revisaron los avances y se realizaron los ajustes correspondientes para que las habilidades definidas representaran la realidad de la empresa y además fueran pertinentes.

Como resultado de lo anterior se obtuvo el diccionario de competencias, del cual en el cuadro 1 se presenta una pequeña sección para identificar la estructura general. En este se presenta la definición y se describen los diferentes niveles de complejidad de cada una de ellas, siendo A el máximo nivel de la habilidad (comúnmente requerido en personas de nivel directivo), y los demás niveles B, C, D los siguientes en orden descendente.

Cuadro 1. Ejemplo de la estructura del diccionario de competencias

| Habilidad | Definición | Nivel de la competencia | | | |
|---------------------------|---|---|---|--|--|
| | | A | B | C | D |
| Liderazgo | Capacidad para orientar y acompañar las actividades de las personas en busca de alcanzar objetivos propuestos. | Hábil para guiar y dirigir diferentes grupos de trabajo de la organización, estableciendo y manteniendo la cohesión necesaria para alcanzar sus objetivos con una visión a futuro, teniendo en cuenta sus habilidades, conocimientos y la naturaleza de sus funciones. | Capaz de asumir el rol de orientador y guía de un equipo de trabajo enfocado a la consecución de metas de un área específica de la empresa, teniendo en cuenta las habilidades y conocimientos de los miembros del mismo. | Capaz de brindar a las personas instrucciones adecuadas, manejar reuniones, dejando claras las necesidades y exigencias planteadas. | |
| Organización y Planeación | Habilidad para alcanzar Los objetivos de manera eficiente combinando los recursos disponibles. | Hábil para determinar las metas y prioridades Institucionales, identificando las acciones, los responsables, los plazos y los recursos requeridos para alcanzarlos. Es capaz de presupuestar y administrar en forma eficaz los recursos utilizando técnicas de planificación y control de procesos. | Hábil para combinar armónicamente La estructura administrativa, los procedimientos, los recursos humanos y materiales para alcanzar los objetivos de la organización o del área. | Capaz de trabajar basado en Un esquema o manual operativo y de implementación de mejoras en su trabajo que optimice los recursos a su disposición. | Capaz de seguir las normas y Procedimientos establecidos en la realización del trabajo. Es capaz de establecer un plan de trabajo. |
| Servicio al cliente | Capacidad para realizar el trabajo en busca de satisfacer las necesidades y requisitos del cliente. | Hábil para dirigir las acciones y las decisiones hacia la satisfacción de las necesidades e intereses de los usuarios internos y externos de acuerdo con los principios y las normas de la organización. | Capaz de investigar y realizar acciones para conocer las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos y enfocar el trabajo hacia su satisfacción. | Capaz de enfocar su trabajo en el cumplimiento de los compromisos adquiridos con los clientes internos, externos y demás partes interesadas. | Capaz de manejar las relaciones con el cliente de tal forma que se contribuya a mantener y mejorar la imagen de la compañía. |
| Trabajo en equipo | Capacidad para colaborar con los demás en busca de alcanzar los objetivos, valorando y respetando sus contribuciones. | Capaz de contribuir constructivamente en el fortalecimiento del trabajo en equipo, dando los lineamientos generales y respetando las diferentes dinámicas para buscar el cumplimiento de las metas organizacionales. | Capaz de trabajar con otros de forma conjunta y de manera participativa, integrando esfuerzos e incentivando la cooperación para la consecución de metas de la institución o del área. | Capaz de demostrar respeto, solicitar opiniones, valorar las ideas y experiencias de los demás, manteniendo una actitud abierta a aprender de los otros. | Capaz de cooperar y participar en un grupo apoyando las decisiones del mismo y compartiendo información útil. |

Fuente: elaboración propia con la participación de personal de la empresa.

Es importante aclarar que no todas las competencias tienen el mismo número de niveles porque en el momento de la elaboración del diccionario no se requería más de uno, dos o tres niveles. Por ejemplo, para el caso de “integridad” se llegó a la conclusión de que no pueden existir niveles en esta competencia, es decir, se es o no se es íntegro.

Ajuste de los perfiles de cargo

Teniendo en cuenta que la aplicación de la gestión de personal por competencias exige que una vez sean definidas estas y sus diferentes niveles se proceda a determinar los niveles de competencia requeridos por cargo, se llevaron a cabo las siguientes actividades.

En una de las sesiones de trabajo con las participantes de la empresa durante todo el proceso se diligenció una matriz en donde cada una definió el nivel de competencia ideal por cargo, con base en el diccionario de competencias diseñado. Sin embargo, para validar dicha información y socializar las nuevas competencias con las diferentes personas de la empresa se llevó a cabo una sesión de trabajo donde participaron varios miembros de gerencia media en donde cada participante diligenció el perfil de competencias requerido para cada uno de los cargos bajo su responsabilidad y el propio.

Con esa información, y con la obtenida inicialmente con las responsables del área de recursos humanos, se obtuvo el perfil general para cada cargo y las descripciones detalladas de cada uno de ellos.

Propuesta para evaluación del desempeño

Una vez se realiza el ajuste de los perfiles de los cargos en el componente habilidades de gestión, se hace necesario presentar una propuesta para ajustar la evaluación de desempeño que se realiza en la actualidad de tal forma que se incluyan las competencias identificadas. Para ello se tomó como

referencia el formato utilizado en la actualidad, se incluyeron las nuevas competencias, se ajustaron los grados de evaluación, se hizo una evaluación de prueba para identificar debilidades en el formato, y finalmente se llegó al formato definitivo.

Para socializar el formato preliminar y escuchar observaciones de las diferentes áreas se llevó a cabo un simulacro de evaluación con la participación de seis personas. En estas evaluaciones se sugirió que cada uno hiciera también su propia evaluación.

Los principales resultados de este ejercicio piloto muestran, entre otros, que: existen problemas en “servicio al cliente”, lo cual representa una gran debilidad para la empresa, si se tiene en cuenta que es una empresa de prestación de servicios donde el servicio al cliente es fundamental para el crecimiento y mejoramiento; se presentan debilidades en la habilidad de “carácter y autocontrol” de las personas lo que puede indicar que estas no tienen la capacidad suficiente para manejar las emociones ante diferentes situaciones, ya sean positivas o negativas y, finalmente, bajos niveles de “compromiso, comunicación y conocimiento del entorno” en los cuales también se debe trabajar.

Influencia del proceso en el aprendizaje de la organización

Uno de los resultados más importantes en un proceso de transferencia es lograr que los conocimientos transmitidos se vean reflejados en la creación de nuevas prácticas para la empresa, nuevas metodologías implementadas o, como en este caso, en la solución de un problema detectado.

Es muy importante que el aprendizaje trascienda de las personas hacia las organizaciones; en este sentido, Reyes (2006) establece que una organización aprende cuando las personas comparten su aprendizaje individual y *crean modelos mentales compartidos*, cuando sus miembros *coordinan sus acciones* de una manera más efectiva por medio del uso de estos modelos compartidos y,

finalmente, cuando estas acciones coordinadas *producen* modelos compartidos más efectivos.

En este caso particular se evidencia aprendizaje individual y un avance importante en el organizacional, dado que los resultados del proceso (diccionario de competencias, modelo de evaluación de desempeño) se socializaron y se aceptaron; sin embargo, los resultados del nuevo modelo compartido solo se verán una vez se realice la evaluación de desempeño anual y se planteen nuevas estrategias con base en los resultados.

Adicional a lo anterior, el modelo OADI (observar, evaluar, diseñar, implantar) (Kofman, 1992 citado por Reyes y Zarama, 1998) considera que un ciclo de aprendizaje implica: observar las consecuencias de las prácticas que se ejecutan en un dominio de acción previamente definido; evaluar y comparar las consecuencias de las prácticas con los resultados esperados; diseñar nuevas formas de hacer las cosas cuando hay diferencias entre lo esperado y los resultados; implantar o poner en práctica lo diseñado.

Con base en dicho modelo se puede decir que en este caso el ciclo de aprendizaje fue completo y se puede describir de la siguiente manera: las directivas de la empresa observan que el auditor encuentra una no conformidad en la manera como están definidas las habilidades de los cargos de la compañía. De su evaluación se desprende que si el objetivo es lograr renovar la certificación indefinidamente es necesario trabajar en el tema y que las personas a cargo del proceso no cuentan con el conocimiento para hacerlo. En consecuencia, decide contratar un experto para que asesore y capacite al personal. Durante el proceso las personas adquieren nuevos conocimientos y diseña el diccionario de competencias propio para la empresa, se ajustan los perfiles de cargo y se rediseña el formato de evaluación de desempeño. Finalmente, este último se implementa mediante una prueba piloto la herramienta diseñada, se hacen los ajustes y se aprueba para la evaluación anual.

Análisis de resultados

Los procesos de transferencia de tecnología deben ser adaptados de acuerdo con las personas a quienes van dirigidos (nivel de formación, conocimientos, experiencia, situación social, etc.), para lo cual se requiere diseñar herramientas que faciliten estos procesos.

Es importante diferenciar los procesos de transferencia de tecnologías blandas frente a los de tecnologías duras, dadas sus diferentes características. Esto afecta los medios, las estrategias, las dinámicas y los mecanismos de evaluación de los resultados.

La participación activa de las personas en el proceso de capacitación fue fundamental para la obtención de los resultados presentados en los apartados anteriores, ya que su conocimiento sobre la realidad de la empresa permitió que los aportes apuntaran a la redefinición de las habilidades requeridas por cargo de manera pertinente y acorde con las políticas de la empresa.

El proceso adelantado en la empresa de servicios fiduciarios muestra que es fundamental que el ciclo de aprendizaje en una actividad de asesoría sea completo, ya sea bajo el modelo OADI o bajo el modelo de transferencia efectiva de tecnología (trasmisión, uso, asimilación y creación).

Los resultados presentados muestran evidencia de “creación” como la última etapa del proceso de transferencia, con la construcción e implantación de los conocimientos transmitidos en la realidad de la empresa.

La gestión por competencias está directamente relacionada con la gestión del conocimiento. Esto en razón de que la primera considera los conocimientos, las habilidades y las actitudes del personal como un aspecto fundamental para su gestión. Sin duda, estos aspectos de las personas de la organización afectan directamente los procesos efectivos de gestión de conocimiento. Así, la implantación de la gestión por competencias permite encontrar debilidades en formación,

capacitación y entrenamiento que afectan el uso, la asimilación y la generación de conocimiento útil para la organización.

Es fundamental que los procesos de transferencia de tecnologías blandas (al igual que las duras) garanticen el aprendizaje de los individuos que participan, y que la organización facilite los espacios para que este aprendizaje trascienda a la organización a fin de aumentar la capacidad de acción en las áreas de interés de esta, y que dichos procesos realmente sean una estrategia para el desarrollo tecnológico.

Recomendaciones para la organización

Para que el proceso desarrollado trascienda a toda la organización se deben realizar sesiones de trabajo que den a conocer la labor desarrollada y la importancia de mejorar en las competencias más débiles para el mejoramiento de los resultados de la compañía.

La empresa analizada debe trabajar en programas de formación del personal responsable de Recursos Humanos que permitan diseñar estrategias efectivas para mejorar los procesos de selección de personal, los programas de formación y de motivación. Estas estrategias deben considerar la evaluación del cumplimiento de las competencias de gestión definidas como claves para la organización.

Dada la importancia del conocimiento tácito de las personas, es necesario que la empresa lleve a cabo estrategias que contribuyan a la disminución del nivel de rotación de personal, ya que esto dificulta la continuidad en los procesos y el aprendizaje organizacional.

La empresa debe adelantar actividades de formación que contribuyan a mejorar los niveles de servicio al cliente, de compromiso y comunicación del personal de la empresa. Así como la motivación por el trabajo desarrollado.

Cuando se lleve a cabo la evaluación de desempeño anual se recomienda analizar los re-

sultados por área y a nivel general para proponer un plan de capacitación y formación acorde con las necesidades del personal. Este puede planearse teniendo en cuenta las competencias más débiles y la respuesta a la pregunta ¿qué componente de competencia (educación, formación, habilidad técnica, experiencia) considera que debe reforzar la persona evaluada para mejorar su desempeño?, incluida en el formato de evaluación.

Referencias bibliográficas

- Cañas, R. (1989). *Gestión, tecnológica y desarrollo. Proyecto de gestión tecnológica*. Serie de Manuales de I&D. Santiago: CINDA – PNUD – SECAB.
- Castellanos, O. (2007). *Gestión tecnológica. De un enfoque tradicional a la inteligencia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cordovez, M. (1991). *Transfer of Technology to Latin America. The Development of Indigenous Technology as the Basis for Economical and Social*. PhD, Thesis. McGill University.
- Presidencia de la República de Colombia. Decreto 2539 de 2005: Por el cual se establecen las competencias laborales generales para los empleos públicos de los distintos niveles jerárquicos de las entidades a las cuales se aplican los decretos-ley 770 y 785 de 2005.
- Fernandez, J. (2005). *Gestión por competencias: un modelo estratégico para la dirección de recursos humanos*. Madrid: Prentice Hall.
- Moreno, F. (1985). *Introducción al desarrollo tecnológico*. Bogotá: SENA.
- Parra, Rodríguez y Cavelier (2004). *Protocolo de negociación de tecnología – Programa Exporte*.
- Reyes, A. (2006). *Presentaciones clase de Aprendizaje organizacional*. Universidad de los Andes.
- Reyes, A. y Zarama, R. (1998). *The process of embeddings distinctions: A reconstruction of the process of learning*. *Cybernetics and Knowing Systems*, vol. 4, October.
- Yin, R. K. (1994). *Case Study Research. Design and Methods*. 2 ed., vol. 5. London: Sage Publication.

El ejercicio del poder de los actores educativos y su influencia en los ámbitos de socialización

Recibido: abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

En la actualidad, todos los esfuerzos que se hagan para mejorar la calidad de los procesos educativos y que inciden a su vez en la calidad de la formación humana que las diferentes sociedades se han propuesto, tienen un factor común: la influencia que la pedagogía puede tener —si se reconoce como ciencia de la educación— en satisfacer estas expectativas, en atención a su principal objeto de estudio: la dirección de la formación de la personalidad del educando, lo cual implica el hacer uso de ella desde la concepción del mundo real complejo, dinámico y, por tanto, interpretado desde una visión multidisciplinaria a partir de los fenómenos educativos y con la posibilidad de concebir modelos escolares que sirvan de referente cultural e histórico para ese educando en formación permanente, en un mundo cada vez más cambiante.

Pero contrario al anterior planteamiento, se puede afirmar que mientras los diferentes actores sociales adultos no vivencien entre sí los valores de un modelo de excelencia racionalmente coherente en el ejercicio del poder de que disponen en sus relaciones entre sí y las que establecen con los niños, niñas y jóvenes en los diferentes ámbitos sociales, nunca será posible la formación adecuada de la disciplina y el carácter de los mismos, como condición básica para el desarrollo de sus talentos y, por tanto, la construcción de un proyecto de vida que en su conjunto se traduzca en el proyecto de nación social colectivo anhelado y requerido.

Palabras clave: poder, iniciativa, voluntad, responsabilidad, disciplina.

The exercise of power from the educational actors and their influence on socializing spheres

Abstract

Currently all the efforts done to improve the quality of education processes, and that therefore influence the quality of human development that society has set have a common factor: the influence that pedagogy may have —if recognized as education science— in satisfying these expectations, regarding its main object of study: directing the development of the student's personality, which implies using it from the complex and dynamic real world perspective and therefore interpreting it from a multidisciplinary point of view from various education phenomena and with the possibility of conceiving school models that may be

.....
¹ Coordinador del Departamento de Ciencias Básicas, Uniagraria. rodriguez.alvaro@uniagraria.edu.co

cultural and historic references for the student who is in constant development, in an everyday changing world (Valera, 1998).

The analysis of the different problems in the relationship with the questions of the quality of the education process on the formal school, has determined the upcoming of multiple proposals of solution with the purpose of achieving the successful completion of the goals and objectives for education and also for human developments this the different societies have settled. On this sense, all the efforts that are done have a common factor: the influence that the pedagogy can have —if its recognized like an education science—, on currently satisfying these expectations, on its main aim of study: the direction of the personality shaping of the student, which implies to make use of it from the complex view of the real world, dynamic and for this reason, interpreted from a multidisciplinary vision from the education phenomena and with the possibility of conceiving school models that work as a cultural and historic reference for the student who is on permanent enrichment on a world that is changing everyday.

But contrary to the idea mentioned before, it can be said that while the different adult social actors do not show among themselves the values of a rationally coherent model of excellence, while exercising their power in their relationships among them and with the boys, girls and young ones in different social spheres, the right construction of discipline and personality of these will never be obtained as a basic condition for the development of their talents and hence the construction of a project for life, that together represent the collective project of a social nation that is wished and required.

Key words: Power, initiative, responsibility, discipline.

“Creo que toda la ciencia es cosmología y para mí el interés de la filosofía, tanto como el de la ciencia, reside únicamente en sus contribuciones al estudio del hombre”.

Karl Popper (1999)

Introducción

Se pretende reflexionar sobre algunos aspectos relevantes que determinan, desde las relaciones de poder que se establecen entre los diversos actores de la vida de escuela en todos su niveles, la necesidad de asumir desde lo interdisciplinario y multidisciplinario el fenómeno educativo, las políticas educativas y la definición de modelos escolares que respondan a las reales condiciones de vida de nuestros educandos en un mundo de vertiginosos cambios en la ciencia, la tecnología, la información y la comunicación, lo cual significa, a su vez, transformaciones en la cultura misma. Por ello, se establece que para comprender estas transformaciones, es necesario considerar la naturaleza esencial del poder y la forma como los

diversos actores educativos y sociales —en especial los que toman las decisiones— lo ejercen de manera directa, gracias a la facultad de opción de que disponen y su adaptación según fines precisos, lo cual a su vez está relacionado con la conciencia que cada uno de ellos tenga de la responsabilidad en su ejercicio; porque no existe poder que no haya comprometido una responsabilidad, cual es la de establecer la autoridad que respeta la dignidad humana y que promueve esa solidaridad que se experimenta de modo espontáneo hacia los que colaboran en la comunidad educativa y comparten los mismos retos y expectativas de mejoramiento continuo dentro de un modelo que promueve la interdependencia de las realizaciones; lo contrario sería la perversión en el uso del poder del cual se dispone.

Exposición del tema objeto de estudio

En la actualidad se reconoce la necesidad de educar con disciplina para la libertad y que toda enseñanza implica en cierta medida una forma de

coacción sobre el aprendiz (Savater, 2003). En este orden de ideas, Sartori (1994, p. 20) señalaba en relación con el significado de poder: “A un nivel micro, poder es una relación (asimétrica) entre dos sujetos, [...] a nivel de teoría macro, poder se debe entender, más genérica y abstractamente, como la capacidad de ejercer coercitividad, como fuerza prevaleciente”; entonces, estamos hablando en la vida escolar del ejercicio de una forma de poder, que encierra la reproducción por la escuela de los sistemas de dominación que establece la sociedad en un momento histórico determinado (Sacristán y Pérez, 1999). No obstante esta realidad de la vida en la escuela, también es cierto que en el ejercicio de este poder el aprendiz necesita un modelo de excelencia que debe ser ejemplificado por el rol que asuman tanto sus padres como los profesores y demás autoridades educativas a cargo de su socialización primaria y secundaria, modelo de excelencia que debe fundamentarse, por un lado, en el ejercicio de la autonomía personal, la cual de por sí es compleja dado que depende de condiciones culturales y sociales particulares (Morín, 1999), y por el otro, en la disciplina que se fundamenta en las normas que se establecen y que se supone son el resultado del consenso entre los integrantes de la comunidad educativa.

De otra parte, debe precisarse que todo ejercicio del poder implica reconocer una cualidad propia de él: la iniciativa. Es así como un elemento natural posee o es, según sea el caso, “energía”, pero no poder. La energía solo se transforma en poder gracias a la toma de conciencia, a la facultad de opción que dispone de ella y la adapta según fines precisos (Guardini, 1959), es decir, depende de la voluntad de quien lo asume. De ahí que en la vida escolar, el ejercicio de poder no solo lo ejercen los directivos docentes y docentes, que según Cohen (1992, p. 201) serían “individuos que ejercen un poder legitimado gracias a que tienen garantizada la autoridad necesaria”, sino que de una manera u otra es un ejercicio de poder también asumido por los padres y estudiantes, expresado en forma directa

o de manera informal y ejerciendo influencia a pesar de no asumir una posición oficial. De esta manera, si estos protagonistas de la educación no dotan de una intención compartida tal ejercicio de poder, es decir, si sus iniciativas no se encaminan y adaptan a la consecución de fines precisos que no son más que el cumplimiento de los fines de la educación, no podremos hablar de formación integral de los aprendices y, por tanto, de una escuela formadora y civilizadora.

Es decir, sino hay un encuentro real de voluntades entre los actores educativos que trascienda el nivel de lo declarativo y de buenas intenciones, no podremos garantizar que la escuela —en todos sus niveles— a través de sus principales actores sociales, esté cumpliendo su papel protagónico en estos tiempos de permanentes cambios.

Pero ¿qué implica dicho encuentro de voluntades, que no es más que el ejercicio del poder mismo? Para responder este interrogante deberá analizarse el significado que se puede establecer entre norma, disciplina, libertad y formación con el ejercicio del poder en la escuela.

En primer lugar, surge una nueva pregunta: una idea, una norma moral ¿están dotadas de poder? Es frecuente que así lo consideremos, pero estamos errados. Una idea como tal, una norma como tal, no son poderosas sino valiosas. Es evidente que pueden poseer una objetividad precisa y que tienen sentido, pero lo cierto es que a pesar de tales cualidades no obran por sí solas. El poder es la capacidad de poner en movimiento la realidad, cosa que la idea o la norma no puede hacer de por sí. Solo le resulta posible, y gracias a ello se transforma en poder, cuando el ser humano la acoge en su vida concreta, cuando se une a sus sentimientos, a las tendencias de su crecimiento y desarrollo, a las intenciones de sus actos y a sus tareas creadoras.

Por tanto, siendo el poder un fenómeno específicamente humano, el sentido y el significado que se le dé constituye uno de sus elementos más importantes, dado que todo ejercicio de poder

determina necesariamente unos efectos entre los individuos implicados. El poder es algo de lo cual se dispone; quien lo introduce es la persona que actúa en función de la consecución de unos fines por el conocimiento que tiene y por el plan que elabora. De tal modo que en la escuela cada uno de los actores educativos tiene la posibilidad de disponer de su poder en dos formas: la del nivel personal, es decir, en su propio arbitrio para la finalidad individual que se propone, tal finalidad puede ser constructiva, noble, benéfica o perjudicial. La segunda, el ejercicio de su poder en cumplimiento y en apoyo de las metas compartidas por la comunidad educativa y que están orientadas y reguladas generalmente a través de los reglamentos internos de convivencia. Esto significa, entonces, que cada uno de nosotros debe tomar conciencia del sentido del poder, dado que voluntariamente decidimos al respecto y lo transformamos en acto, lo que quiere decir que el ejercicio del poder no es más que el asumir la responsabilidad del mismo, porque no existe poder que no haya comprometido una responsabilidad.

¿Pero qué estamos viviendo en la actualidad? La denominada “vida civilizada”, fundamentada en el materialismo extremo, en una cultura del consumo, en el tener por encima del ser como personas, lo cual en cierta forma representa una tentativa de suprimir la noción de responsabilidad para establecer una separación entre la persona y el verdadero significado del poder aquí señalado. En realidad, el carácter esencial del poder —energía de la que alguien es personalmente responsable— no resulta así suprimido, sino pervertido, lo cual conduce a un efecto destructor que altera, como es lógico, la formación humana y social.

En todo caso, el poder en sí no es ni bueno ni malo; solo adquiere sentido por la decisión de quien lo utiliza y ofrece tales posibilidades al estar regido esencialmente por la libertad pero dentro del marco de normas morales y fines que le son propios como miembro de una comunidad. El peligro está cuando el acto del individuo deja de

fundarse en una toma de conciencia personal, en cuanto el que obra deja de asumir su responsabilidad moral, produciéndose en él un vacío interior de una naturaleza particular, cuya causa puede estar derivada en su no identificación con los propósitos que se suponen deben ser compartidos, dado que se le excluye, se le desconoce, se le desatiende en lo esencial y no se le involucra efectivamente en la toma de decisiones; es decir, no se le permite efectivamente hacer uso legítimo de su poder de decisión o no se le estimula el ejercicio del poder cuyas variables básicas señaladas son tanto la energía volitiva como la iniciativa personal necesaria para la generación de una disciplina tanto individual como colectiva, como soporte racional y emocional para la formación humana. Este peligro se hace latente en todos los ámbitos de socialización, pero comienza en el hogar, en el tipo de relaciones de poder que se establecen entre los esposos, los hijos y de estos con sus padres y que, por tanto, se traducen o extrapolan en proporciones similares en las relaciones de poder que en el presente o futuro productivo estos establecerán —consciente o inconscientemente— si llegaran a constituirse en integrantes de la comunidad educativa, la cual evidencia la calidad de un clima organizacional determinado.

En este orden de ideas, el ejercicio de poder en la escuela está en estrecha relación con otra condición básica: la disciplina, considerada esta como el dominio de sí mismo para ajustar la conducta a las exigencias de trabajo y de la convivencia propias de la vida escolar; es decir, que la disciplina es un hábito, autodominio, es la posibilidad de actuar libremente hasta donde nos lo permita la libertad del otro y que además nos lleva a contribuir al bien común, y no como un sistema coercitivo o de sanciones que se aplican, por ejemplo, a los estudiantes que presentan una conducta negativa y que alteran el desarrollo normal de las actividades escolares.

En este sentido se podría pensar que un buen clima escolar estaría en forma inicial generado por

la conducta favorable, estimulante y proactiva de los directivos docentes y profesores que en forma coherente hicieran uso del poder de decisión que les asiste, haciendo innecesarias las reglas y normas de disciplina, porque comprenden que su liderazgo deberá estar vinculado ante todo con la promoción permanente de la autonomía y confianza personal de sus subordinados. Ello no significa que se desconozca que las normas o las reglas de actuación son los puntos de apoyo que hacen posible ese buen clima organizacional escolar. Es por eso que el respeto a las personas y a las propiedades, la ayuda desinteresada a los compañeros, el orden y los buenos modales, exigen que todos los que conviven en una organización escolar acepten unas normas básicas de convivencia y se esfuerzen día a día por vivirlas. Un buen clima escolar no se improvisa, es cuestión de coherencia, tiempo y constancia, donde cada uno de sus actores está comprometido en hacer adecuado uso de su capacidad de decisión y, por ende, de su ejercicio de libertad y de poder.

Sin embargo, las normas por sí mismas no son suficientes. La convivencia armónica y solidaria entre todos los actores de la escuela es la consecuencia de un proceso de desarrollo personal que conduce a descubrir la necesidad y el valor de esas normas elementales de convivencia y que lo lleva a hacerlas propias y a aplicarlas a cada circunstancia con naturalidad y sin esfuerzo especial, porque se han convertido en hábitos de autodomínio que se manifiestan en todos los ambientes donde se desarrolla la vida personal.

Por esta razón resulta válida la afirmación de Savater (2003, p. 24) cuando señala que “para formar la autonomía personal del aprendiz, la educación debe fabricarle como adulto de acuerdo con un modelo previo”. El profesor no estudia en el aprendiz el modelo de madurez de este, sino que es el aprendiz quien ha de estudiar orientado por un ejemplo de excelencia de su profesor lo cual supone, según lo expresado hasta ahora, un ejercicio de poder ejemplarizante de los adultos

que le influyen; dicho de otro modo, de responsabilidad expresada por unos códigos, normas y valores que le proponen y que en cierta manera le imponen, garantizando así el proceso de maduración emocional y mental esperado.

Pero ¿cuáles son las limitaciones que la sociedad y la escuela presentan y que no permiten la maduración emocional y mental adecuada del aprendiz en estos tiempos?

La respuesta está representada por una condición multifactorial que incide en forma directa en la vida del aprendiz y que está en relación con aspectos sociológicos y psicológicos, lo cual determina atender desde cada ámbito de socialización (escuela, hogar, comunidad civil) cada uno de los factores incidentes, mitigándolos en lo más posible con la ayuda de sanas prácticas pedagógicas y de autoridad en la organización escolar.

Aplicación a la práctica pedagógica

Dentro de la presente reflexión se hace evidente el concepto del ejercicio de la libertad personal, la cual está en cierta medida condicionada por la libertad social, entendida esta como las normas y formas de regulación establecidas como producto social resultante de la concertación, negociación o conciliación de los grupos humanos, como es el caso de las comunidades educativas, las cuales en su función pedagógica deben ayudar al individuo a su formación necesaria para impedirle que actúe en determinada forma, la cual no convenga a los intereses de la sociedad de la cual forma parte.

En todo caso, no se trata aquí de aceptar el concepto de libertad como aquella en la cual el individuo debe someterse a las reglas o al orden tradicional para sentirse protegido e integrado dentro de la comunidad; se trata de reconocer la necesidad de respetar la personalidad del individuo dentro del respeto de las normas de regulación establecidas por la comunidad en un adecuado ejercicio de poder de decisión de sus integrantes, porque esto permite establecer la realidad de la

misma y entonces puede valorarse qué grado de libertad tiene realmente el individuo como tal, ante los demás sujetos y ante la sociedad en general.

De ahí lo difícil del análisis y solución de los problemas relativos a la libertad del ser humano, cobrando vigencia la reflexión del filósofo Wahl quien señaló con relación a la libertad social del ser humano lo siguiente:

Como todos nosotros aspiramos a la felicidad y esta viene del uso correcto o recto de las cosas, si es el saber el que proporciona la rectitud y la felicidad, se tratará de ver cómo todo hombre puede adquirir el saber. El problema consiste, pues, en decidir si el saber (o la sabiduría) se pueden enseñar (1954, p. 59).

Aquí el filósofo Wahl conduce la reflexión hacia el sentido y significado de analizar las posibilidades de vivir sabiamente, lo cual implica actuar en forma correcta para generar salud integral y felicidad en la persona, pero señala su inquietud con relación a si es posible adquirir sabiduría a través de la enseñanza. Esto permite inferir que más que las enseñanzas formales de la escuela, se trata de ser y proyectar como adultos un modelo de vida que se exprese en pensamientos, sentimientos y actitudes coherentes para los menores de edad y los jóvenes, que necesitan hoy más que nunca recibir un legado de auténtico liderazgo. Finalmente, como lo señala un proverbio chino en relación con la formación humana: “Si hay disciplina y carácter en el alma, habrá belleza en la persona; si hay belleza en la persona, habrá armonía en el hogar; si hay armonía en el hogar, habrá orden en la nación; si hay orden en la nación, habrá paz en el mundo”.

Conclusiones

1. Si los adultos queremos por voluntad propia y de manera consciente actuar con rigor ético, deberemos entonces reconocer que el conflicto en la vida escolar y social es necesario y es parte de nuestra realidad, y cada sujeto implicado tiene la libertad con responsabilidad, iniciativa

y voluntad de hacer uso adecuado y noble de su poder de decisión, sin detrimento de la visión compartida de la comunidad de la cual forma parte integral. Lo importante en el reconocimiento del conflicto es cómo lo enfrentamos y lo conducimos por el camino de la civilidad como experiencia y lecciones de aprendizaje para la vida.

En este sentido, los niños, niñas y jóvenes deben aprender a desarrollar su tolerancia y carácter a partir de las situaciones de conflicto que tengan que enfrentar, lo cual se aprende por la vivencia de los valores humanos y sociales compartidos en un modelo formativo que comienza en la vida familiar, pero que se complementa en la escuela en todos sus niveles. De lo contrario, se reproducirán de una manera u otra las formas de comportamiento negativas aprendidas en el hogar y se hará uso inadecuado del poder que en un momento dado se pueda ejercer con miras a la solución parcializada —y no concertada, conciliada o negociada— del conflicto generado.

2. Por lo anterior, deberá aceptarse que si queremos convivir y no coexistir en sociedad —y como se señaló, la escuela representa un importante ámbito de socialización— hay necesidad de hacerle comprender a los sujetos en conflicto, a través de la figura de la conciliación que la realidad de cada actor educativo está determinada en gran manera por los parámetros y las normas establecidas en significado y contexto social; que la libertad de cada uno está regulada por las condiciones establecidas por el grupo, la familia, la comunidad educativa o civil, de la cual forman parte integral, y por su capacidad de hacer uso responsable de la libertad de que se dispone. Como señaló al respecto el filósofo Schaff (1963, p. 117) con relación al ser humano, “el individuo humano desde su nacimiento hasta la muerte está estrechamente ligado a otros hombres en sus experiencias más íntimas, es sociable externamente, está condicionado so-

cialmente y se va formando socialmente a cada paso”. Esta afirmación confirma que la escuela en todos sus niveles es una empresa social y que es inherente a ella el favorecer condiciones de disciplina y carácter en los estudiantes, así en estas algunas de las vivencias familiares y escolares sean o hayan sido conflictivas.

3. Por otra parte, y desde un contexto global, se deberá aprender nuevamente que la soberanía que el ser humano ejerce sobre el mundo presupone la soberanía sobre sí mismo, pues, ¿cómo podrá el ser humano dominar el enorme poder de que dispone, si no es capaz de formarse a sí mismo?; por ello, todo acto, todo estado, aun el simple hecho de vivir, está unido directa o indirectamente a la conciencia de ejercer el poder y al reconocimiento de que este puede ser asumido con un carácter positivo o negativo, transformarse en verdad o en ilusión, en bien o en mal, lo cual como se señaló, implica una responsabilidad en su ejercicio cotidiano, de la cual ningún actor de la vida educativa está exento.

Referencias bibliográficas

- Cohen, B. (1992). *Introducción a la sociología*. México: Mac Graw-Hill.
- Guardini, R. (1959). *El poder*. Buenos Aires.
- Morin, E. (1999). *Introducción al pensamiento complejo*. Bogotá, Gedisa.
- Popper, K. (1999). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Sacristán, J. G. y Pérez, A. (1999). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata-Alfaomega.
- Sartori, G. (1994). *¿Qué es la democracia?* Bogotá: Altamir Ediciones.
- Savater, F. (2003). *El valor de educar*. Bogotá: Ariel.
- Schaff, A. (1963). *Lenguaje y conocimiento*. México: Libreros Mexicanos Unidos.
- Valera, O. (1998). *Problemas actuales de la pedagogía y la psicología pedagógica*. Bogotá: Editemas.
- Wahl, J. (1954). *La filosofía de la existencia*. México: Libreros Mexicanos Unidos.

Efecto de la atmósfera modificada en la conservación del tomate (*solanum lycopersicum*) larga vida mínimamente procesado

Recibido: 28 de marzo de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

El tomate es un fruto rico en nutrientes como la vitamina C y carotenoides, los cuales son importantes para la salud. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento del color de la pulpa, de la resistencia a la compresión y al corte y del contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) durante el almacenamiento en atmósfera modificada del fruto mínimamente procesado. Rodajas de tomate larga vida fueron empacadas en dos tipos de atmósferas modificadas dentro de dos tipos de empaques y almacenadas a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 15 días para prevenir el deterioro del fruto. Los análisis realizados durante el almacenamiento fueron el color (expresado por medio de los parámetros L^* , a^* y b^*), la firmeza (por medio de la resistencia a la compresión y al corte) y los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa). Se hizo seguimiento de las variaciones de estas propiedades en los días 1, 5, 10 y 15. El diseño experimental fue completamente al azar con estructura de diseño 2×2 más un testigo. Las rodajas de los tratamientos 1 (5% O_2 5% CO_2 90% N_2 Película PET) y 3 (2% O_2 10% CO_2 88% N_2 Película PET) fueron las que presentaron la menor degradación respecto a los parámetros evaluados.

Palabras clave: almacenamiento, productos mínimamente procesados, vida útil, firmeza, conservación.

Effect of modified atmosphere on the conservation of minimally processed tomatoes (*solanum lycopersicum*) long life variety

Abstract

The tomato is a fruit rich in nutrients like vitamin C and carotenoids, which are important for health. The aim of this research was to evaluate the behavior of flesh color, resistance to compression and shear and the content of sugars (sucrose, glucose and fructose) over the modified atmosphere storage of minima-

.....

¹ Ingeniera de alimentos, Grupo Conservación de Frutas y Hortalizas, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria. correalangela@hotmail.com

² Ingeniero agrícola, PhD. en Ciencias Agropecuarias, Grupo Conservación de Frutas y Hortalizas, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria. galvis.jesus@uniagraria.edu.co

lly processed fruit. Slices of long life tomatoes were packed in two different modified atmospheres in two types of package and stored at $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ for a period of 15 days, to prevent deterioration of the fruit. The analyzes conducted during storage were color (expressed by the parameters L^* , a^* and b^*), firmness (through resistance to compression and shear) and sugars (sucrose, glucose and fructose). There was monitoring for variations of these properties on days 1, 5, 10 and 15. The experimental design was completely randomized with design structure 2×2 plus a control. The slices of treatment 1 (5% O_2 5% CO_2 90% N_2 PET film) and 3 (2% O_2 10% CO_2 88% N_2 PET film) were those that showed the least degradation through the parameters evaluated.

Key words: Storage, minimally processed products, shelf life, firmness, conservation.

Introducción

El tomate es una de las hortalizas más difundidas a nivel mundial dado que forma parte de la dieta de la población, su principal uso es en la preparación de ensaladas; presenta alta demanda debido a sus propiedades nutricionales. Es una fuente de licopeno y compuestos que le confieren una importante actividad antioxidante (Hernández *et al.*, 2008). Es rico en ácido cítrico y otros ácidos orgánicos, contiene azúcares simples y cerca de 400 compuestos volátiles que le confieren sabor y aroma (Thybo *et al.*, 2006). La demanda de esta hortaliza ha generado aumento en la producción nacional, pasando de 393.318 ton en el año 2003 a aproximadamente 550.000 ton en el año 2009 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010).

El aumento en la producción hace necesario buscar nuevos canales de comercialización e innovar diferentes presentaciones del fruto que faciliten su consumo. Las hortalizas mínimamente procesadas constituyen una buena alternativa de comercialización; sin embargo, este proceso puede generar cambios en algunas características del alimento.

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son más percederas que los productos enteros debido principalmente al estrés mecánico a que son sometidas. El estrés altera la integridad de los tejidos, induce la pérdida de compatimentalización celular y provoca interacción directa

entre enzimas y sustratos (Soliva *et al.*, 2003; Laminkamra *et al.*, 2001). El procesamiento mínimo (pelado, cortado) de los frutos puede afectar el contenido, la composición, la actividad y la biodisponibilidad de los compuestos antioxidantes, además de incrementar la susceptibilidad al ataque microbiológico (Gil *et al.*, 2006; Sahlin *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2009).

En la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas se han utilizado diferentes métodos: tratamientos térmicos, químicos (uso de antioxidantes), refrigeración y atmósferas modificadas. También se han usado combinaciones de estos métodos. Sin embargo, debe considerarse que la eficiencia de cada tratamiento por aplicar depende del fruto, razón por la cual no siempre resultan exitosos.

El almacenamiento de tomates frescos a 5°C inhibe el desarrollo del licopeno, aunque mejora la actividad antioxidante del fruto. También se ha encontrado que el corte y el almacenamiento en atmósfera normal a 5°C disminuye la actividad antioxidante respecto a tomates enteros (Odrisola *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 1999).

El ácido ascórbico es susceptible a la degradación en presencia de la luz y del oxígeno (Odrisola *et al.*, 2008; Gil *et al.*, 2002). El ascorbato es oxidado por la interacción con las enzimas oxidasa ascorbato, polifenol oxidasa, citocromo oxidasa y la peroxidasa. Los daños por el corte resultan en la mezcla de la enzima y el sustrato que debe ser compartimentalizado en un tejido sano (Gil *et al.*, 2002). El efecto de las atmósferas modificadas y

Tabla 1. Tratamientos de atmósferas modificadas y empaques utilizados durante el almacenamiento de tomate larga vida

| Tratamientos | Concentración de atmósfera | Tipo de empaque |
|--------------|--|--|
| T1 | 5% O ₂ 5% CO ₂ 90% N ₂ | Caja BOPS + Película coextruido PET |
| T2 | 5% O ₂ 5% CO ₂ 90% N ₂ | Caja BOPS + Película polietileno calibre 2 |
| T3 | 2% O ₂ 10% CO ₂ 88% N ₂ | Caja BOPS + Película coextruido PET |
| T4 | 2% O ₂ 10% CO ₂ 88% N ₂ | Caja BOPS + Película polietileno calibre 2 |
| T5 | Testigo (atmósfera normal) | Caja BOPS |

Fuente: elaboración propia.

controladas al reducir el contenido de O₂ y elevar el de CO₂ es aumentar la retención del ácido ascórbico.

El uso combinado de bajas temperaturas y de atmósferas modificadas favorece el almacenamiento y la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas, permitiendo mantener la calidad comercial por un tiempo mayor. Las películas plásticas de diversa permeabilidad a los gases y los avances logrados en aspectos relacionados con el control de la atmósfera han permitido difundir esta técnica (Granado *et al.*, 2008; Muratore *et al.*, 2005; Lana *et al.*, 2005).

El empleo de atmósfera modificada reduce la incidencia de los desórdenes fisiológicos, alteraciones microbiológicas y deterioros bioquímicos, los cuales producen cambios en las características organolépticas afectando el valor comercial del producto envasado. Esta técnica disminuye el metabolismo y por consiguiente la producción de etileno que promueve la maduración y la senescencia de frutas y hortalizas (Granado *et al.*, 2008; Gony *et al.*, 2002; Artés *et al.*, 1999).

El objetivo de este estudio fue prolongar la vida útil del tomate (*Solanum Lycopersicum*), variedad larga vida mínimamente procesado mediante la aplicación de atmósferas modificadas.

Materiales y métodos

Los frutos de tomate larga vida fueron cosechados de un cultivo de invernadero localizado en el

municipio de Fusagasugá en grado de madurez de consumo (totalmente rojos pero de consistencia firme), posteriormente fueron transportados a la planta de alimentos de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, localizada en la ciudad de Bogotá, donde fueron sometidos a selección, clasificación, lavado y desinfección, y cortados en rodajas de aproximadamente 4 mm de espesor, sometidas a diferentes atmósferas modificadas, como se indica en la tabla 1. Posteriormente fueron almacenadas en cámara de refrigeración a 4 °C ± 1 °C, por un tiempo de 15 días.

El diseño estadístico fue completamente al azar con estructura de diseño 2 x 2 (dos tipos de atmósferas, dos tipos de empaques) más un testigo, el cual se almacenó a la misma temperatura, en envase rígido y atmósfera normal. El tamaño de la muestra para cada análisis dentro de cada tratamiento estuvo constituido por cuatro rodajas. Cada tratamiento fue repetido tres veces. Se realizó análisis de varianza y la media de los parámetros analizados fue sometida a la prueba de comparación de contrastes ortogonales para establecer si hubo diferencias significativas entre tratamientos. Cada cinco días se realizaron los siguientes análisis:

Color: mediante la medición de los parámetros L* (brillo), a* (rojo), b* (amarillo), a través del Método de Imágenes, el cual transforma a través de un software los valores obtenidos a los valores de L*, a*, y b*.

Firmeza: se midió con el analizador de textura (LFRA Texture) Brookfield, se determinó la resistencia a la compresión y al corte.

Azúcares: se cuantificó el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa por cromatografía líquida de alta eficiencia – HPLC. El cromatógrafo utilizado fue marca Shimatsu. Fue utilizada una columna empacada con una resina microparticulada cálcica marca Waters. La fase móvil utilizada fue agua bidestilada; el detector empleado fue de tipo refractométrico.

Resultados y discusión

Cambios de color

El brillo (L^*) presentó disminución durante los 15 días de almacenamiento en las rodajas de todos los tratamientos (figura 1). La mayor pérdida la presentaron los frutos testigo, seguidos por los tomates provenientes del tratamiento 2. La menor pérdida la presentaron los frutos provenientes del tratamiento 3. Gil *et al.* (2006) encontraron en tomates precortados que los parámetros del color (L^* , a^* y b^*) disminuyen tres veces más rápido cuando el almacenamiento se hace en atmósfera

normal comparado con el almacenamiento en atmósferas modificadas. El Anova indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos al igual que la interacción atmósfera-empaque. El contraste testigo frente a factorial mostró diferencias significativas al final del almacenamiento. En los tratamientos en atmósfera modificada hubo diferencias significativas entre las rodajas del tratamiento 2 y las provenientes de los tratamientos 1, 3 y 4.

El color rojo (a^*), al igual que el brillo, presentó disminución en la pulpa de los tomates de todos los tratamientos. Las menores pérdidas las presentaron las rodajas de los tratamientos 1 y 3 (figura 2), resaltando la influencia de la película PET, en la cual se mantuvo el color en las dos mezclas de gases utilizadas. En los tratamientos 2 y 4, en los cuales el empaque utilizado fue polietileno de baja densidad, calibre 2, la pérdida del color rojo fue mayor debido a que la permeabilidad de esta película es menor que la del coextruido PET. En el día 15 de almacenamiento el Anova indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El contraste testigo frente a factorial mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Los tomates de todos los tratamientos mostraron disminución en el parámetro b^* (amarillo)

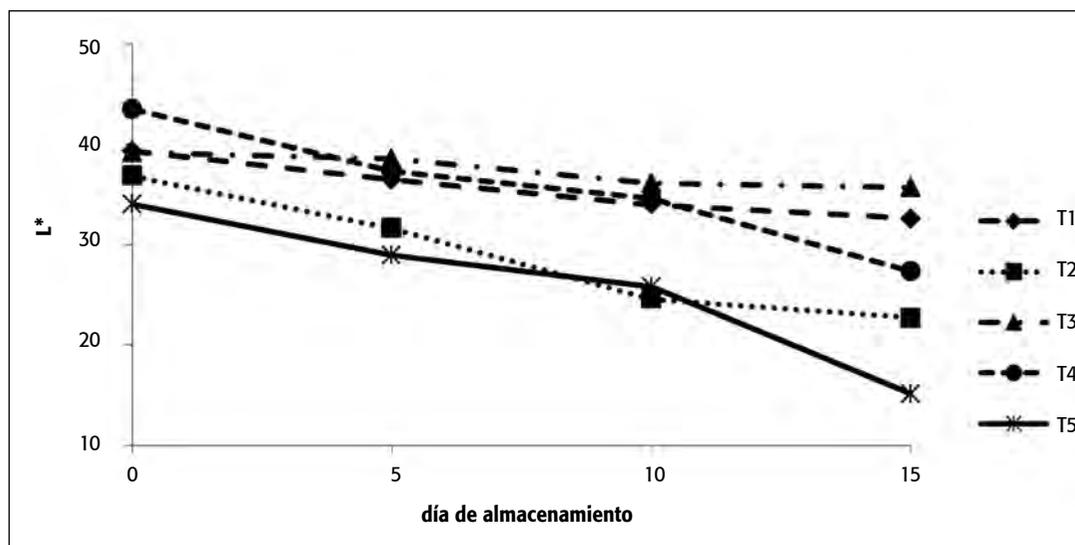


Figura 1. Variación del brillo L^* durante el almacenamiento

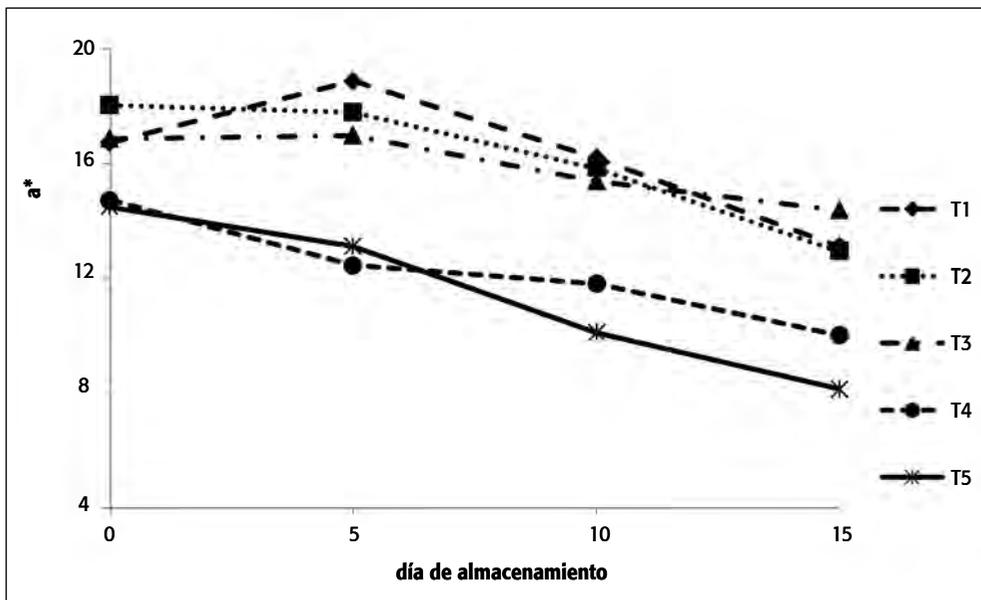


Figura 2. Variación del color rojo (a*) durante el almacenamiento

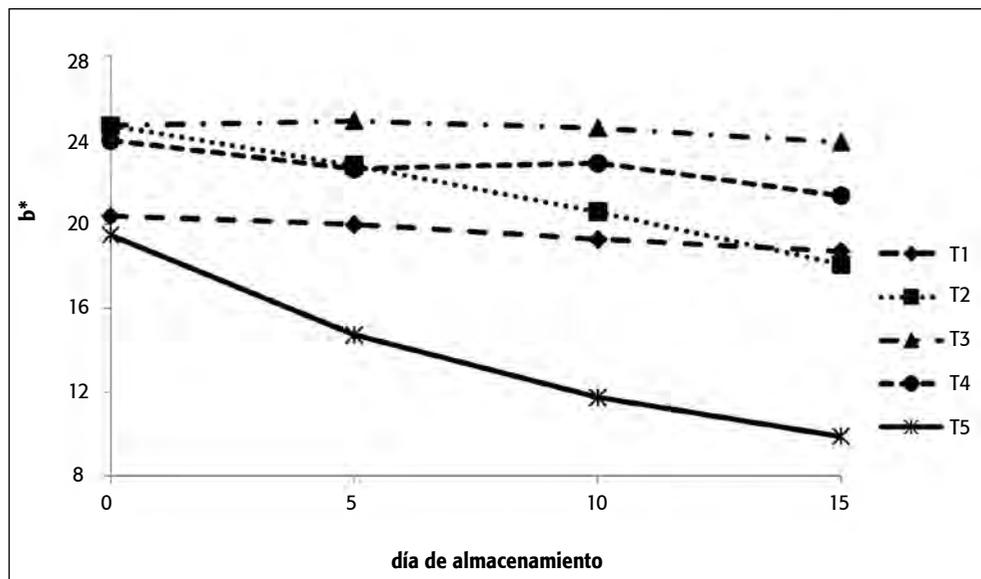


Figura 3. Variación del color amarillo (b*) durante el almacenamiento

a lo largo del almacenamiento (figura 3). Se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La menor pérdida ocurrió en los tomates del tratamiento 1, seguida por los

frutos del tratamiento 3. El contraste testigo frente a factorial mostró diferencias significativas. No se presentaron diferencias significativas entre los tomates colocados en atmósferas modificadas.

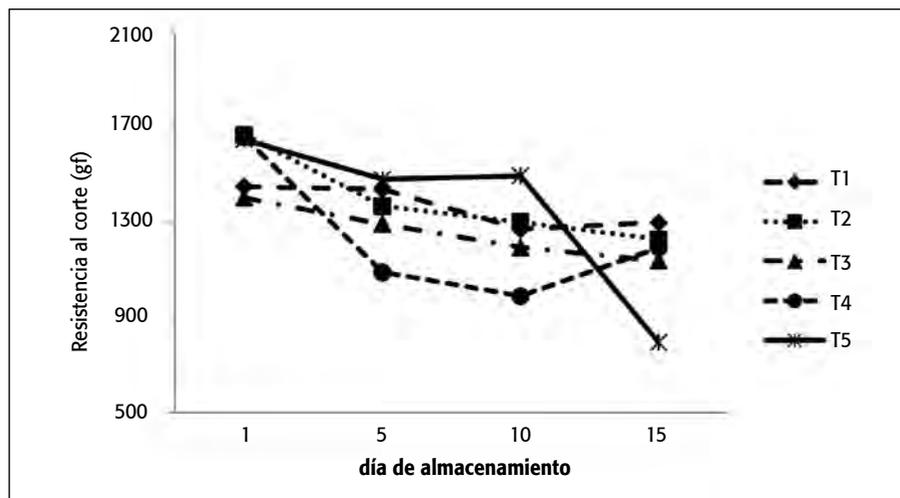


Figura 4. Variación de la resistencia al corte durante el almacenamiento

Resistencia a la compresión

Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos respecto a esta propiedad. En los frutos de todos los tratamientos se presentó disminución de la resistencia a la compresión (tabla 2). Las menores pérdidas las presentaron los tomates provenientes del tratamiento 3 (16,4%). Este comportamiento fue similar al encontrado en tomates variedad Diva donde se halló que en los frutos sometidos a bajas concentraciones de oxígeno durante el almacenamiento, el color y la firmeza se degradan más lentamente (Gómez *et al.*, 2002). En mango (cv Yulima) se encontró que entre más baja sea la concentración de O₂ dentro de la atmósfera de almacenamiento la degradación de los compuestos de la pared celular del fruto es menor (Galvis, 2009). Ello puede ser debido a que las enzimas que degradan los componentes de la pared celular (poligalacturonasas y pectinesterasas) son ávidas de oxígeno, por lo que su actividad disminuye con la disminución del nivel de este elemento. La mayor pérdida la presentaron las rodajas del tratamiento testigo (55%). En el día 15, los contrastes ortogonales mostraron diferencias significativas entre los frutos de los tratamientos 1 y 3 y los tomates de los demás tratamientos.

Tabla 2. Resistencia a la compresión de las rodajas de tomate almacenadas en atmósfera modificada

| Día | Tratamiento | | | | |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 1 | 565 ^a | 440 ^b | 488 ^a | 556 ^a | 548 ^a |
| 5 | 493 ^a | 315 ^c | 445 ^a | 404 ^b | 305 ^c |
| 10 | 417 ^a | 286 ^b | 381 ^a | 367 ^a | 262 ^b |
| 15 | 395 ^a | 274 ^b | 359 ^a | 335 ^a | 246 ^b |

Letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de contrastes ortogonales a un nivel de confianza del 95%.

Fuente: elaboración propia.

Resistencia al corte

La resistencia de las rodajas respecto al corte fue similar al comportamiento de la compresión. Los frutos provenientes de todos los tratamientos presentaron disminución a la resistencia al corte (figura 4). Hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos. La mayor pérdida la presentaron los tomates testigo (51,6%), seguidos de las rodajas provenientes de los tratamientos 2 y 4 con pérdidas de 26 y 28% respectivamente. Las rodajas provenientes de los tratamientos en el coextruido PET fueron las que presentaron el

menor porcentaje de pérdidas, independientemente del tipo de atmósfera aplicada inicialmente, lo cual resalta la importancia de la permeabilidad del empaque, ya que el PET es menos permeable al paso del oxígeno que el polietileno calibre 2 y, por tanto, presenta mayor resistencia al paso del O₂ y del CO₂, manteniendo bajos niveles de oxígeno y altos de anhídrido carbónico en el interior del empaque. Esto ocasionó una disminución de la actividad de las enzimas degradadoras de la pared celular.

Gil *et al.* (2002), indican que las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y al corte) de los tomates precortados conservados en atmósfera modificada a temperaturas de refrigeración se conserva por mayor tiempo comparada con los tomates precortados almacenados en atmósfera normal, debido a que se disminuye la actividad de las enzimas degradadoras de la pared celular.

Contenido de azúcares

El azúcar predominante en las rodajas de todos los tratamientos fue la fructosa, mientras que la sacarosa fue la que presentó el menor nivel. Una composición similar respecto a los azúcares en tomates mínimamente procesados fue encontrada por Odrisola *et al.* (2008) y Gómez *et al.* (2002). Las rodajas de todos los tratamientos presentaron disminución de los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) a lo largo del almacenamiento como se observa en la tabla 3, la mayor disminución de sacarosa la presentaron las rodajas del tratamiento testigo seguida por los tomates de los tratamientos 2 y 4. La menor pérdida de fructosa la presentaron los tomates provenientes de los tratamientos 3 y 1; por el contrario, la mayor pérdida de este azúcar la presentaron las rodajas del tratamiento testigo. La pérdida de la glucosa fue similar entre los tratamientos testigo, T4 y T2, esto se explica debido a la baja permeabilidad de la película de polietileno calibre 2, que permitió el paso de O₂ hacia el interior del empaque.

Conclusiones

Las rodajas de los tratamientos 1 (5% O₂ 5% CO₂ 90% N₂ película PET) y 3 (2% O₂ 10% CO₂ 88% N₂ película PET) fueron las que sufrieron la menor degradación respecto a los parámetros evaluados (color, resistencia a la compresión y al corte y contenido de azúcares). El comportamiento de los tomates provenientes del tratamiento 2 con relación a la pérdida de azúcares y degradación del color fue similar, indicando que independientemente de la película (polietileno calibre 2), la composición de la atmósfera influyó en el comportamiento de los frutos.

Tabla 3. Contenido de sacarosa, glucosa y fructosa de rodajas de tomate mínimamente procesado durante el almacenamiento

| Tratamiento | Azúcar | Día 1 | Día 5 | Día 10 | Día 15 |
|-------------|----------|-------|-------|--------|--------|
| T1 | Sacarosa | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.15 |
| | Glucosa | 1.48 | 1.43 | 1.37 | 1.15 |
| | Fructosa | 1.58 | 1.49 | 1.49 | 1.30 |
| T2 | Sacarosa | 0.28 | 0.23 | 0.21 | 0.15 |
| | Glucosa | 1.65 | 1.55 | 1.47 | 0.95 |
| | Fructosa | 1.76 | 1.65 | 1.54 | 1.31 |
| T3 | Sacarosa | 0.26 | 0.25 | 0.20 | 0.17 |
| | Glucosa | 1.65 | 1.60 | 1.51 | 1.27 |
| | Fructosa | 1.71 | 1.66 | 1.59 | 1.42 |
| T4 | Sacarosa | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.15 |
| | Glucosa | 1.49 | 1.29 | 1.06 | 0.67 |
| | Fructosa | 1.57 | 1.37 | 1.21 | 1.15 |
| T5 | Sacarosa | 0.25 | 0.19 | 0.15 | 0.10 |
| | Glucosa | 1.45 | 1.09 | 0.85 | 0.58 |
| | Fructosa | 1.59 | 1.12 | 1.02 | 0.64 |

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia su apoyo en el desarrollo de esta investigación, la cual forma parte del Proyecto “Desarrollo tecnológico para la optimización en la conservación de lechuga, tomate y zanahoria precortadas (alimentos mínimamente procesados)”.

Referencias bibliográficas

- Artés, F., Canessa, M. A., Hernández, S., Gil, M. I. (1999). Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 153-162.
- Galvis, J. A. (2009). Efecto de inhibidores de pardeamiento y la atmósfera modificada en la conservación del mango (*Mangúifera indica*), variedad Yulima, mínimamente procesado. *Memorias III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 316-319
- Gil, M. I., Aguayo, E., Kader, A. A. (2006). Quality Changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruit during storage. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54, 4284-4296.
- Gil, M. I., Conesa, M. A., Artés, F. (2002). Quality changes in fresh-cut Tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 199-207.
- Gómez, P. A. y Camelo, A. F. (2002). Calidad poscosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileira*, 20, 38-43.
- Gony, J. R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R. A., & Kader, A. A. (2002). Quality changes in fresh-cut pears slices as affected by controlled atmosphere and chemical treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 271-278.
- Granado, F., Begoña, O., Herrero Martínez, J. (2008). Modified atmosphere packaging (MAP) does not affect the bioavailability of tocopherol and carotenoids from broccoli in humans: A cross-over study. *Food chemistry*, 106, 1070-1076.
- Hernández, M., Rodríguez, E. M. y Díaz, C. (2008). Chemical composition of Tomato (*Lycopersicum esculentum*) from Tenerife, The Canary Island. *Food Chemistry*, 106, 1040-1056.
- Lamikanra, O., & Watson M. A. (2001). Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 66, 1283-1286.
- Lana, M. M., Tigskens, L. M., Kooten, O. (2005). Effects of storage temperature and fruits ripening of firmness of fresh cut Tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 35, 87-957.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2010). *Estadísticas del sector agropecuario en Colombia*. Bogotá: Editorial Minagricultura.
- Muratore, G., Del Nobile, M. A., Buonocore, G. G., Lanza, C. M., Asmundo, N. (2005). The influence of using biodegradable packaging films on the quality decay kinetic of plum Tomato (Pomodoro Datterino). *Postharvest Biology and Technology*, 69, 393-399.
- Odrisola, I., Soliva, R. F., Martín Belloso, O. (2008). Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut Tomatoes. *LWT Food Science and Technology*, 41, 217-226.
- Pérez, D., García, A., García, V., Iniestra, K. (2009). Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of Tomato pure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 179-188.
- Sahlin, E., Savaje, G. P., Lister, C. E. (2004). Investigation of the antioxidant properties of Tomatoes after processing. *Journal of Food composition and analysis*, 17, 635-647.
- Silva, F., Chau, K., Brecht, J., Sargent, S. (1999). Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 1-9.
- Soliva-Fortuny, R. C., Martín-Belloso, O. (2003). News advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruit: a review. *Trends Food Science Technology*, 14, 341-353.
- Thybo, A. K., Edilebos, L. P., Christensen, J. N., Sorensen, A. & Thrørup K. (2006). Effect of Organic growing systems on sensory quality and chemical composition of Tomatoes. *LWT Food Science and Technology*, 39, 835-843.

DIANA SANDRA FARIDE VARGAS-MUNAR¹ - GUILLERMO ARTURO CORREDOR S.²
JOHAN STIVENS JIMÉNEZ C.³ - FABIÁN ENRIQUE LINCE D.³ - CAMILO EDUARDO MERCHÁN H.³

Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la altura de planta del frijol moteado (*phaseolus vulgaris*) en invernadero

Recibido: 9 de abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

Con el objeto de establecer alternativas de fertilización sostenible en condiciones de trópico alto se evaluó la efectividad de los fertilizantes orgánicos bokashi y compost en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y se compararon con el fertilizante inorgánico 18-18-18 (Fercon®). El ensayo fue ejecutado en las instalaciones de Uniagraria, localizadas en la ciudad de Bogotá D.C., y fue el producto del experimento realizado por estudiantes y docentes del programa de Zootecnia de Uniagraria, en el desarrollo de la asignatura Metodología de la Investigación durante el segundo semestre de 2011. Se realizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno; la variable analizada fue altura de la planta. Los datos obtenidos fueron analizados con la prueba de comparación de promedios de Tukey y se realizó análisis de regresión. Los resultados obtenidos mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo que sugiere que las plantas crecieron en una dinámica semejante a través del tiempo sin influencia del fertilizante utilizado, situación que ha sido reportada con anterioridad en la literatura consultada. Debido a que los fertilizantes orgánicos presentan una liberación lenta de nutrientes, se hace necesario para futuros ensayos ampliar el periodo experimental así como incrementar las variables estudiadas para obtener resultados concluyentes.

Palabras clave: bokashi, compost, fertilizante NPK, frijol, crecimiento.

Effect of organic and inorganic fertilization on the plant height of the mottled bean (*phaseolus vulgaris*) in greenhouse

Abstract

This work is the result of an experiment done by students and professors of the Animal Science program at Uniagraria, in fulfillment of the course “Research Methodologies” in the second semester of 2011. The

•••••

¹ Zootecnista, MSc; docente principal, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia. vargas.diana@uniagraria.edu.co

² Ingeniero agrónomo, MSc, PhD (C); docente principal, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia. corredor.guillermo@uniagraria.edu.co

³ Estudiantes de Zootecnia, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia.

effectiveness of organic fertilizers bokashi, compost in mottled bean plants (*Phaseolus vulgaris*) was evaluated and compared to 18-18-18 (Fercon®) inorganic fertilizer. Trial were done at Uniagraria location, in Bogota D.C. city. A complete random design, with four treatments and three repetitions each, was conducted in which the variable of interest was the height of the plant. The data was evaluated using Tukey's test for comparison of means and regression analysis. The results showed that there were not any statistical differences between treatments. This suggests that plants grew at similar rates during the time of the experiments, without any influence of the fertilizers, a result that replicates previous findings in researched literature. Because organic fertilizers release nutrients slowly, it is necessary to increase the time of evaluation and the variables of interest in future experiments to obtain more conclusive results.

Key words: Bokashi, compost, NPK fertilizer, bean, growth.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es, entre las leguminosas de grano alimenticias, la especie más importante para el consumo humano (Voysset, 1983); presenta una amplia distribución de siembra en los cinco continentes y es un complemento nutricional indispensable de la dieta alimenticia en Centro y Suramérica (López *et al.*, 1985) gracias al aporte apreciable de proteína (entre 15 a 30%), energía (por su contenido de carbohidratos y grasas), minerales y vitaminas (Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2010, citado por Sueiro, Rodríguez y De la Cruz, s. f.).

En Colombia, el cultivo del frijol es una de las principales actividades campesinas y un importante generador de ingresos y empleo rural. No obstante en los últimos años, en el marco de la globalización, este cultivo ha perdido competitividad frente a la producción de otros países especialmente por los altos costos de producción (Arias *et al.*, 2007). Estos costos incluyen la adquisición de insumos, los créditos y la venta de los productos (Chiriboga, 1996), situación generada por la necesidad de responder a una producción agroexportadora intensiva en el uso de los insumos de la revolución verde, en detrimento de la producción local diversa y autosuficiente (Pengue, 2008).

Luego de transcurridas varias décadas del inicio de la revolución verde, y con los modelos de producción agrarios adoptados, se han logrado

aumentos de la producción de alimentos pero con una alta dependencia de insumos externos (Altieri, 1994); adicionalmente, este modelo ha generado consecuencias ecológicas negativas entre las que se encuentran la degradación química, biológica y física de los suelos; salinización, pérdidas de estructura, aumento de los niveles de erosión hídrica y eólica, extracción de nutrientes sin reposición ni descanso natural, fuerte incremento de la contaminación con fertilizantes y pérdida de biodiversidad, entre otros (Pengue, 2008).

Ante este panorama de la agricultura mundial, los investigadores buscan soluciones y se plantean modelos alternativos de producción de alimentos, como son los modelos sostenibles, que garanticen la seguridad alimentaria de las poblaciones, reduzcan la mala nutrición y participen efectivamente en la restauración de la calidad de los suelos y las aguas, de tal forma que se satisfagan las necesidades de las generaciones presentes y futuras, preservando siempre la integridad de los medios de producción en tiempo y espacio (Ruiz, 1999, citado por Sueiro, Rodríguez y De la Cruz, s. f.). En estos modelos sostenibles se incluyen los abonos orgánicos, usados desde tiempos remotos, que han mostrado su influencia sobre la fertilidad de los suelos, recomendándose en aquellas tierras sometidas al cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982).

Entre estos fertilizantes se encuentra el bokashi que es un abono orgánico fermentado, principalmente bajo condiciones aeróbicas que activa y aumenta la cantidad de microorganismos benéficos para el suelo, suple de materia orgánica a los organismos del mismo y nutre el cultivo. Para su preparación existe gran diversidad de recetas ya que cada agricultor lo puede elaborar a su manera, sin embargo, de forma general se utilizan materiales tales como suelo, materia orgánica como la gallinaza y fuentes de minerales, entre otros (Shintani *et al.*, 2000). El abono compost, también orgánico, es el producto final del compostaje que es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas transforma los residuos orgánicos biodegradables en un producto estable e higienizado, para su preparación puede utilizarse cualquier producto orgánico fermentable (Negro *et al.*, 2005).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la utilización de los abonos orgánicos bokashi y compost en plantas de frijol común, como un esfuerzo por establecer alternativas de fertilización sostenible en condiciones de trópico alto.

Materiales y métodos

El experimento fue desarrollado en las instalaciones de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria, localizada en la ciudad de Bogotá D.C. (latitud 04-70N, longitud 74-13°), altitud de 2548 msnm, temperatura promedio de 13,1 °C y humedad relativa promedio de 80% (Ideam, 2012), en el periodo comprendido entre los meses de septiembre a noviembre de 2011, en el marco de la asignatura Metodología de la Investigación del programa de Zootecnia.

Para el ensayo fueron analizados tres fertilizantes, dos orgánicos (bokashi y compost) cada uno con una dosis de inclusión de 2 t/ha⁻¹, y uno inorgánico 18-18-18 (Fercon®) compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) respec-

tivamente, en la dosis recomendada por el fabricante. Los fertilizantes bokashi y compost fueron elaborados en el Ecoparque Pinares de Tenjo de Uniagraria, en el desarrollo de la asignatura Suelos y Fertilización del programa de Zootecnia.

El rendimiento de los diferentes fertilizantes se evaluó a través de la variable altura de la planta, en plantas de frijol moteado (*Phaseolus vulgaris*) que fueron sembradas en materas individuales y mantenidas en un invernadero construido para tal fin, las cuales fueron regadas tres veces por semana y cuyo mantenimiento estuvo a cargo de los estudiantes de Metodología de la Investigación de Zootecnia.

Para la obtención de los datos de altura de las plantas se realizó su medición con un metro convencional desde la base de la planta hasta su punto máximo de crecimiento en centímetros, dos veces por semana y registrados cuidadosamente en un formato físico.

El diseño estadístico empleado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno, el tratamiento uno (T1) correspondió al testigo, en el cual la semilla fue sembrada en tierra común únicamente; en el tratamiento dos (T2) se utilizó el fertilizante orgánico bokashi; en el tratamiento tres (T3) se usó el fertilizante orgánico compost, y en el tratamiento cuatro (T4) el fertilizante inorgánico 18-18-18.

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa de análisis estadístico SAS (2002), a través del cual se realizó análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, prueba de comparación de promedios de Tukey por día de medición (días después de siembra DDS), con el objeto de observar posibles diferencias estadísticamente significativas entre los promedios comparados y, por último, análisis de regresión simple, cuadrática y cúbica por tratamiento evaluado a través del tiempo, con el propósito de establecer un modelo que permita ver la tendencia de la altura de la planta en el tiempo (Steel y Torrie,

1985), realizándose la prueba t de Student para determinar la significancia de los coeficientes de regresión en los modelos obtenidos.

Resultados

Los promedios obtenidos para la variable altura de la planta en todos los tratamientos a través del tiempo y la correspondiente comparación de promedios de Tukey se observan en la tabla 1.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de comparación de promedios Tukey (Steel y Torrie, 1985), se observa que para todos los tratamientos evaluados en cada lectura a través del tiempo no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), indicando un crecimiento de las plantas semejante a través del tiempo, independientemente del fertilizante adicionado. A pesar de esto es posible notar que para el tratamiento compost las plantas crecieron más lentamente, presentando hasta el final del experimento las alturas más bajas; en contraste, el tratamiento de fertilizante inorgánico presentó al inicio y al final (DDS 14 y 56) las alturas más altas, y hacia los periodos intermedios (DDS 24 al 46) el fertilizante bokashi fue el que presentó los promedios más altos; sin embargo, se reitera que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Con referencia a los análisis de regresión, en la tabla 2 se presentan las ecuaciones de regresión determinadas para cada tratamiento, y en la figura

1 se muestran las curvas ajustadas para los cuatro tratamientos.

De los análisis de regresión efectuados el modelo cúbico fue el que presentó los mayores valores de coeficiente de determinación (R^2), así como de R^2 ajustado, los valores más altos fueron para los modelos de los tratamientos con bokashi, inorgánico y testigo, los cuales fueron iguales o superiores al 90%, lo cual indica un buen ajuste de los modelos obtenidos. Así mismo, en cada modelo de regresión se determinó la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RCME), cuyo menor valor se presentó en el modelo obtenido con la aplicación de bokashi (1,38), en cuyo tratamiento también se presentó el menor coeficiente de variación (9,14 %) indicando poca variación de los datos respecto al promedio. En la prueba t de Student realizada para los coeficientes de regresión del modelo cúbico en cada uno de los tratamientos estudiados se presentó alta significancia estadística ($p < 0,01$), lo que corrobora que este modelo obtenido para los diferentes tratamientos es el que mejor se ajusta.

De acuerdo con lo anterior, se establece que con los modelos aquí presentados es posible predecir la altura de la planta para cualquier edad dentro del intervalo estudiado, estos resultados siguen la tendencia planteada por Rebolledo (1998), quien estudió diferentes modelos en experimentos relacionados con la fertilización de cultivos, en el cual el modelo cúbico fue el que representó mejor los resultados.

Tabla 1. Altura promedio de las plantas a través del tiempo y comparación de promedios para todos los tratamientos evaluados

| Tratamiento | Días después de siembra (DDS) | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 14 | 17 | 21 | 24 | 28 | 31 | 35 | 38 | 43 | 46 | 56 |
| Testigo | 3,4 a | 5,4 a | 9,1 a | 10,6 a | 12,4 a | 13,4 a | 14,5 a | 15,1 a | 15,8 a | 17,2 a | 46,7 a |
| Bokashi | 3,3 a | 7,1 a | 9,6 a | 12,1 a | 13,8 a | 14,1 a | 14,6 a | 15,7 a | 17,1 a | 18,1 a | 40,9 a |
| Compost | 0,9 a | 2,8 a | 9,7 a | 10,6 a | 11,8 a | 12,4 a | 13,0 a | 13,9 a | 14,2 a | 14,6 a | 32,1 a |
| Inorgánico | 5,4 a | 4,8 a | 9,6 a | 10,5 a | 11,5 a | 12,8 a | 14,4 a | 15,1 a | 15,9 a | 16,5 a | 47,9 a |

*Medias con letras iguales en columna indican no diferencia estadísticamente significativa (Tukey $\alpha = 0,05$).

Tabla 2. Ecuaciones de regresión entre altura de la planta y tiempo (DDS)

| Tratamiento | Modelo | R2 | R2 ajustado | RCME | Coefficiente de variación (%) |
|-------------|---|------|-------------|------|-------------------------------|
| Testigo | $\hat{Y}_i = -51,42 + 6,15X_i - 0,197X_i^2 + 0,0021X_i^3$ | 0,91 | 0,90 | 3,60 | 24,20 |
| Bokashi | $\hat{Y}_i = -45,30 + 5,44X_i - 0,169X_i^2 + 0,0017X_i^3$ | 0,98 | 0,97 | 1,38 | 9,14 |
| Compost | $\hat{Y}_i = -50,44 + 5,58X_i - 0,165X_i^2 + 0,0016X_i^3$ | 0,85 | 0,83 | 3,37 | 27,23 |
| Inorgánico | $\hat{Y}_i = -44,93 + 5,63X_i - 0,185X_i^2 + 0,0020X_i^3$ | 0,95 | 0,94 | 2,72 | 18,20 |

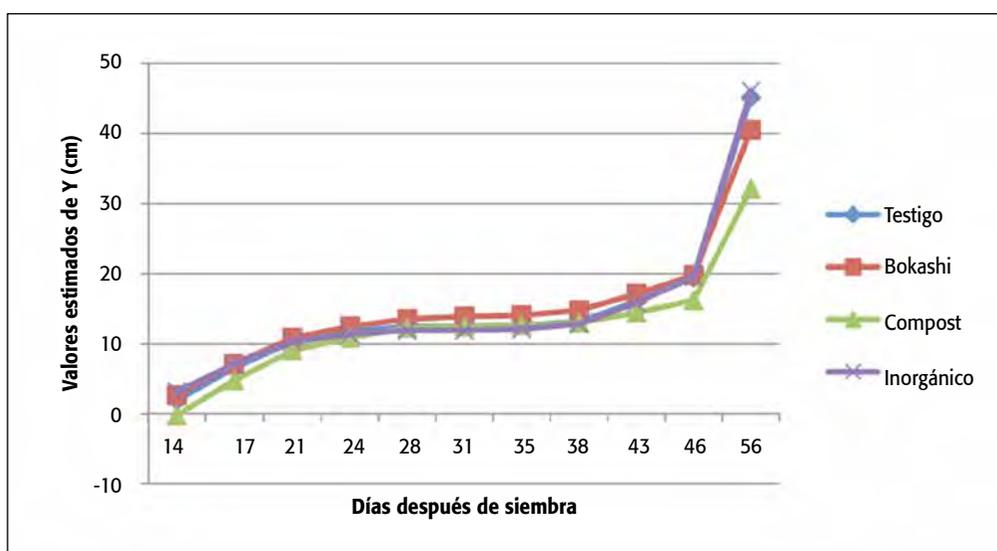


Figura 1. Curvas ajustadas de altura de la planta (cm) para los tratamientos evaluados

Según la figura 1, en las curvas ajustadas para los tratamientos es posible observar que la dinámica de crecimiento de las plantas, medidas en términos de altura, es similar entre los tratamientos a través del tiempo. Adicionalmente, se presentó una tendencia inicial de crecimiento (del día 14 al 24) que luego fue más lenta (días 24 a 38), para volver a reactivarse después del día 43; esta estabilidad de crecimiento en el periodo intermedio pudo haberse debido a que la frecuencia de riego en estos días fue menor.

Discusión

De acuerdo con los resultados encontrados en el presente trabajo no hubo diferencias en la variable altura de planta por la adición de fertilizantes orgánicos comparados con el fertilizante inorgánico y con el testigo, situación que ha sido reportada con anterioridad por Ramírez *et al.* (2010) quienes evaluaron la adición de humus líquido y sólido como fertilizantes orgánicos en plantas de frijol y no encontraron diferencias en

la altura sino hasta pasado el día 50 después de la siembra. Esta situación pudo haber influido en el presente experimento que concluyó en el día 56, y probablemente no dio el tiempo suficiente para mostrar el efecto de los fertilizantes orgánicos, característica que es planteada también por Álvarez y Neysor (2004), quienes indican que el bokashi es un abono de liberación lenta de nutrientes para la planta.

Investigaciones adicionales que probaron el efecto de fertilizantes orgánicos muestran resultados similares. Ancin (2011) evaluó el comportamiento de los fertilizantes orgánicos compost, biol y guano de isla y los comparó con fertilizantes inorgánicos (urea y nitrato de amonio, entre otros) y no encontró diferencias estadísticamente significativas en altura de planta, ante lo cual plantea que el corto periodo de experimentación pudo influir en los resultados. Así mismo, Acevedo y Chávez (2010) analizaron la adición de vermicompost al cultivo de frijol sin encontrar rendimientos mayores en altura de planta por el uso de este al compararlo con fertilizantes inorgánicos, pero en este caso la razón principal atribuida es la ocurrencia de una sequía en el periodo experimental que afectó la expresión de la característica que es fuertemente influenciada por efectos genéticos y medioambientales.

Estudios realizados con mayor tiempo experimental, como en el caso de López *et al.* (2001) en plantas de maíz, demostraron que abonos orgánicos como el compost incrementaron aproximadamente en 10% la humedad del suelo y mostraron utilidades similares en rendimiento del grano que la obtenida con fertilización química, razón por la cual concluyeron que el compost es una alternativa viable para la sustitución o reducción de la fertilización inorgánica.

De acuerdo con lo expuesto se concluye que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la altura de planta de frijol en las lecturas realizadas en el tiempo debido a los efectos de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos

utilizados, por lo cual la tendencia del crecimiento de las plantas en el tiempo fue similar para los diferentes tratamientos evaluados. Se considera que para futuras investigaciones es necesario ampliar el tiempo experimental, aumentar las variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de la planta, y determinar la composición del suelo y de los fertilizantes con el fin de obtener resultados concluyentes del efecto de los fertilizantes orgánicos en plantas como el frijol bajo las condiciones de trópico alto.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al docente de la asignatura Suelos y Fertilización, ingeniero José Joaquín Pérez A., por facilitar los fertilizantes orgánicos utilizados en el experimento; igualmente, a la doctora Angélica Buitrago V. por asesorar los análisis estadísticos iniciales realizados en el desarrollo de la asignatura Diseño Experimental del programa de Zootecnia.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, H., Chávez, J. (2010). *Comportamiento de cinco variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) y una de caupí (Vigna unguiculata L. Walpers), fertilizadas con vermicompost en la época de postrera, Diriamba, Carazo, 2008*. Managua: Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal.
- Altieri, M. (1994). Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura técnica* (Chile), 54 (4), 371-386.
- Álvarez, O. y Neysor, E. (2004). *Evaluación del efecto de bokashi como fertilizante en cuatro dosis crecientes medido mediante un bioensayo en plantas de sorgo*. Guácimo: Universidad EARTH.
- Ancin, M. (2011). *Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción del frijol (Phaseolus vulgaris L.*

- Var. Alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirreyña-Huancavelica (Perú). Pamplona: Universidad pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Arias, J., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). *Manual: Buenas prácticas agrícolas, en la producción del frijol voluble*. Medellín: FAO.
- Castellanos, R. (1982). La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Torreón (México).
- Chiriboga, M. (1996). Desafíos de la pequeña agricultura familiar frente a la globalización. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Economistas Agrícolas (ALACEA). San José. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (s. f.). Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012 Recuperado de: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=812>
- Kumar, R., Singh, O., Singh, Y., Dwivedi, S. y Singh, J. (2009). Effect of integrated nutrient management on growth, yield, nutrient uptake and economics of french bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 79 (2), 122-28.
- López, J., Díaz, A., Martínez, E. y Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento del maíz. *Terra*, 19 (4), 293-299.
- López, M., Fernández, F. y Schoonhoven, A. (1985). *Frijol: investigación y producción*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., De Benito, A. et al. (2005). *Producción y gestión del compost*. Zaragoza: Centro de Técnicas Agrarias de Zaragoza, España.
- Pengue, W. (2008). La transnacionalización de la agricultura y la alimentación en América Latina. Seminario-taller Políticas Agrarias y sustentabilidad. Grain [sede web]. Barcelona: Grain.org; 2008. Recuperado de: <http://www.grain.org/article/entries/131-la-transnacionalizacion-de-la-agricultura-y-la-alimentacion-en-america-latina>
- Sueiro, A., Rodríguez, M., De la Cruz, S. (s. f.). El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua la Grande. Recuperado de: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2011/gpm.html>
- Ramírez, R., Ramos, M. A. y Ricardo, S. (2010). Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. *Ciencias Holguín* [en línea], XVI (2). Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=181517926015>
- Rebolledo, H. (1998). Estimación de diferentes modelos de regresión a experimentos de fertilización y su comparación con fines de generar recomendaciones óptimas económicas. I. Casos con un factor. *Terra Latinoamericana* [en línea], XVI (3). Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/573/57316308.pdf>
- SAS (2002). *SAS/STAT User's Guide. Statistical Analysis System*. Cary, NC: SAS Institute.
- Shintani, M., Leblanc, H. y Tabora, P. (2000). Bokashi: abono orgánico fermentado. *Guía para uso práctico*. Guácimo, Limón: EARTH.
- Steel, R. y Torrie, J. (1985). *Bioestadística, principios y procedimientos*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Voysest, O. (1983). *Variedades de frijol en América Latina y su origen*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Evaluación de la actividad antioxidante de extractos grasos del balú (*Erythrina edulis*) sobre dos matrices alimenticias

Recibido: 12 de febrero de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

Este documento describe la evaluación del poder antioxidante de los extractos grasos del fruto y la vaina del balú (*Erythrina edulis*) mediante la valoración del ranciamiento oxidativo y lipolítico sobre dos matrices alimenticias: aceite de soya y crema de leche. Los extractos se prepararon mediante el procedimiento propuesto por Ruíz *et al.* (2010), tomando al azar muestras con madurez fisiológica y se adicionaron a las unidades experimentales en concentraciones del 0,1 y 1,0% v/v . Para valorar la capacidad de los extractos de inhibir la rancidez oxidativa del aceite se determinó el índice de peróxidos de acuerdo con la metodología propuesta por Ciappini *et al.* (2008), y para valorar la capacidad de estos de inhibir la rancidez lipolítica de la crema de leche se evaluó el índice de acidez según el protocolo descrito por Gaviria (2000). Las muestras de aceite se almacenaron a 40 °C y las de crema de leche a temperatura ambiente. Los experimentos se realizaron por duplicado, en un diseño factorial 2², completamente al azar, utilizando butilhidroxi-tolueno (BHT) como testigo mayor y la no adición de antioxidante como testigo menor. Al finalizar el estudio se encontró, en base seca, que el fruto tiene un 2,95 ± 0,13% de extracto etéreo y la vaina 1,10 ± 0,05%. El análisis de varianza sugiere que los extractos grasos del fruto del balú y de su vaina no tienen poder antioxidante en las concentraciones 0,1 y 1,0% sobre la rancidez oxidativa del aceite de soya, no sobre la rancidez lipolítica de la crema de leche. El extracto graso del fruto del balú, adicionado al aceite de soya, a una concentración del 1%, tiene un comportamiento similar a los obtenidos para la cáscara de la nuez de marañón y extractos de romero concentrados mediante destilación molecular.

Palabras clave: antioxidantes, aditivos naturales, extracto graso, chachafruto, fabaceae.

Evaluation of antioxidant activity of oily extracts of coral tree (*erythrina edulis*) over two food matrices

Abstract

This paper describes antioxidant activity evaluation of oily extracts of Coral Tree (*Erythrina edulis*) fruit and pod for oxidative and lipolytic rancidity measurement in soybean oil and cream milk. Extracts were prepared

•••••

¹ Ingeniera química, Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria; docente del Programa de Ingeniería de Alimentos, Bogotá, Colombia. gonzalez.gloria@uniagraria.edu.co; gloria_blair@yahoo.com.

² Ingeniero de alimentos, La Huerta del Oriente Ltda., Guasca, Colombia. diegoalejandragudelo@yahoo.com

³ Ingeniera de alimentos, Grupo Éxito Colombia, analista de calidad, Bogotá, Colombia. zulyastrid@gmail.com

using the procedure proposed by Ruíz *et al.* (2010), taking random samples with physiological maturity and were added to the experimental units in concentrations of 0.1% y 1.0% w/w. To assess the ability of the extracts to inhibit the oxidative rancidity of the oil the peroxide index was determined in accordance with the methodology proposed by Ciappini *et al.* (2008) and to assess the ability of these to inhibit lipolytic rancidity effects of the cream milk, we evaluated the rate of acidity according to the protocol described by Gaviria (2000). The oil samples were stored at 40 °C and the cream milk samples were stored to room temperature. Experiments were performed in duplicate, in a factorial design completely random, using BHT and not the addition of antioxidant controls. At the end of the study we found in dry base that the fruit has a 2.95 ± 0.13 % in ethereal extract and the pod has 1.10 ± 0.05 %. The analysis of variance suggests that Coral Tree fatty extracts of the fruit and pod do not have antioxidant activity in concentrations of 0.1 y 1.0% over soybean oil oxidative rancidity and cream milk lipolytic rancidity. The fatty extract of Coral Tree fruit added to the soybean oil at a concentration of 1%, has a similar behavior to those obtained by the shell of the cashew nut and extracts of rosemary concentrates through molecular distillation.

Key words: Antioxidants, natural additives, oily extract, chachafruto, fabaceae.

Introducción

En la industria de alimentos, para que la calidad del producto sea óptima, se llevan a cabo procesos que garanticen la conservación de las características químicas, físicas y sensoriales. Pese a esto, es común encontrar reacciones indeseables durante el almacenamiento y la distribución de los alimentos; una de estas es la oxidación (Sandoval *et al.*, 2010), reacción en la cual factores como la luz, los materiales de envase y las condiciones de almacenamiento favorecen el deterioro y alteran las características sensoriales de los productos (Soto *et al.*, 2011). En consecuencia, se adiciona a los alimentos un compuesto antioxidante (Sandoval *et al.*, 2010).

El uso de antioxidantes sintéticos como butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terbutil-hidroquinona (TBHQ) y propil-galato (PG) está siendo cuestionado, en contraposición con las nuevas tendencias: uso de antioxidantes naturales (Sánchez *et al.*, 2008). Autores como Murillo (2001), Kuo *et al.* (2001), Valentão *et al.* (2002), Pérez y Sáenz (2002), Montoya *et al.* (2004), Navarro *et al.* (2006) y González *et al.* (2010) han venido trabajando en la búsqueda de moléculas con actividad antioxidante, mientras que investigadores como Valentão *et al.* (2001),

Alasalvar *et al.* (2005) y González *et al.* (2008), han realizado estudios referentes a la evaluación de efectos benéficos de los mismos, incluyendo el análisis sinérgico de los antioxidantes para reducir de manera eficaz el daño oxidativo en isquemia cardiaca y cerebral, neuropatía diabética, cáncer o enfermedad de Alzheimer, por estar dichas patologías relacionadas con el incremento de especies reactivas de oxígeno (ERO) tales como radicales libres superóxido, hidroxilo, hidroperoxilo, alcoxilo y peroxilo, o sustancias como peróxido de hidrógeno, ozono, ácido hipocloroso, peroxinitrito y oxígeno singulete.

De otro lado, el balú o chachafruto (*Erythrina edulis*) es una especie de la familia de Fabaceae, que hace parte del conjunto de especies concebidas como promisorias (González, 2002); no tiene un mercado consolidado, pero su harina puede ser sustituto directo de las harinas de trigo, maíz o soya, en porcentajes que varían de acuerdo con el producto (Biocomercio Sostenible, 2003). Las investigaciones desarrolladas hasta ahora permiten establecer ventajas comparativas asociadas con las características particulares del producto (cantidad y calidad de proteína); definir el contenido de elementos nutraceuticos y aplicar tecnologías destinadas a la extracción de los mismos (Bertieri, 2004). Estudios actuales arrojan que la infusión

acuosa de corteza fresca presenta aplicaciones terapéuticas sobre tensión arterial alta, dolor de cabeza y laceraciones, así como propiedades tanto desinfectantes como curativas (Tene *et al.*, 2007), y que la de hojas calma el dolor de oídos (Dyubeni y Buwa, 2012).

Considerando lo anterior se planteó la hipótesis de que las sustancias apolares del balú pueden tener poder antioxidante tomando como base los estudios de Costa (2003) y Kuskoski *et al.* (2004) quienes aseguran que casi todas las plantas y semillas contienen antioxidantes de diversos tipos. Con el fin de identificar posibilidades de desarrollo de la cadena productiva se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se comporta la actividad antioxidante de los extractos grasos del balú sobre el proceso de oxidación de dos matrices alimenticias?

Materiales y métodos

Materia prima y reactivos

Para la preparación de los extractos se utilizó balú adquirido en un mercado local proveniente de Fusagasugá (Cundinamarca), aceite de soya suministrado por Oleaginosas Alvarado, crema de leche facilitada por Lácteos Montecarmelo y reactivos analíticos provistos por la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

Como unidades experimentales se seleccionaron el aceite de soya y la crema de leche sin adición de antioxidantes por ser productos que contienen bajas concentraciones de antioxidantes naturales (α -tocoferol y ácido ascórbico) y altas concentraciones de ácidos grasos mono y poliinsaturados (Soto *et al.*, 2011), lo cual favorece dos tipos de reacciones diferentes: rancidez oxidativa y lipolítica.

Preparación de extractos

Para la preparación de los extractos se tomaron muestras homogéneas del fruto del balú y de su

vaina con madurez fisiológica. Para garantizar la homogeneidad de los mismos se realizó la selección de materia prima teniendo en cuenta tanto métodos visuales como físicos: color de la piel, llenado del fruto, facilidad de abscisión o separación, en un procedimiento acorde con la metodología propuesta por Reina y Solórzano (1998). Separadamente se sometieron las unidades experimentales a molienda, tamizado y extracción con éter de petróleo, utilizando el método Soxhlet recomendado por Ruiz *et al.* (2010). El rendimiento de la extracción se calculó con el peso del extracto obtenido sobre el peso del fruto o de la vaina del balú.

Evaluación de la acción antioxidante

La evaluación de la acción antioxidante de los extractos del fruto del balú y de su vaina se realizó adicionando 0,1 y 1,0% $\frac{p}{p}$ de estos a aceite de soya y crema de leche. En aceite de soya para valorar la capacidad de los extractos de inhibir la rancidez oxidativa, la cual se siguió mediante la determinación del índice de peróxidos (IP) propuesta por Ciappini *et al.* (2008) y expresada como miliequivalentes de peróxido/kg de grasa. En crema de leche, para valorar la capacidad de los extractos de inhibir la rancidez lipolítica, reacción que se evaluó a través de la determinación del índice de acidez (IA) descrita por Gaviria (2000) y expresada como mg KOH/g de lípido. Las muestras fueron almacenadas en tubos con tapa rosca, llenos hasta el borde superior y cubiertos con papel aluminio para evitar los efectos del oxígeno presente en el aire y de la luz, respectivamente. Por último, las probetas se almacenaron en incubadora con sensibilidad de 1 °C y se realizó el seguimiento de las reacciones para ambas unidades experimentales durante 10 días a una temperatura de almacenamiento acelerada de 40 °C para el aceite de soya y a temperatura ambiente para la crema de leche, temperaturas establecidas mediante ensayos preliminares.

Diseño de experimentos y análisis de datos

Los experimentos se realizaron por duplicado en un diseño factorial 2², completamente al azar, siendo los factores básicos: la naturaleza del extracto graso (EFB y EVB) y la dosis adicionada a las matrices en estudio (0,1 y 1,0 %). Se utilizaron dos testigos para comprobar y comparar la eficacia de los antioxidantes (BHT como testigo mayor y SIN antioxidante como testigo menor), siendo ambos patrones comparativos. Los datos obtenidos se sometieron a evaluación tanto gráfica como estadística, con un nivel de significancia del 95%. El análisis estadístico incluyó comparación de medias en lo referente a rendimientos; determinación del coeficiente de correlación de la rancidez en el tiempo y análisis de varianza (ANOVA). Finalmente, los resultados se compararon con los reportados por otros autores.

Resultados

Preparación de extractos

Se tomaron 3.500 g de Balú, de los cuales el 60% correspondió al fruto y el 40% a la vaina. La extracción con éter de petróleo arrojó 52 g del extracto graso del fruto (EFB) y 14 g del extracto graso de la vaina (EVB), equivalentes en base seca

al $2,95 \pm 0,13\%$ y $1,10 \pm 0,05\%$, respectivamente. Estos resultados no concuerdan con los reportados por Barrera *et al.* (1999), quienes relacionan para semillas 1,55-1,64% y para vainas 3,105%; se ajustan, sin embargo, a los referenciados por Acero (1998) quien encontró un porcentaje del 1,2% (b.s) para la cáscara o vaina, corroborando la importancia de la caracterización inicial del producto estudiado. Nótese así mismo que el fruto presenta mayor porcentaje de grasa que la vaina, en un comportamiento propio de las leguminosas.

Acción sobre la rancidez oxidativa

Para la evaluación del efecto antioxidante de los extractos tanto del fruto (EFB) como de la vaina (EVB) sobre la rancidez oxidativa se realizaron lecturas por duplicado en aceite de soya (ASOY) durante diez días utilizando dos puntos de referencia: aceite sin antioxidante (SIN) y aceite con hidroxibutiltolueno (BHT) como antioxidante. Las concentraciones empleadas para cada uno de los ensayos fueron: 0,1-1,0%; 0,1-1,0% y 0-0,02%.

La figura 1 presenta el índice de peróxidos (IP) expresado como meq de peróxido/kg de lípido. Nótese cómo en esta se observa bajo poder antioxidante para el extracto del fruto del balú adicionado al 0,1%, así como bajo poder antioxi-

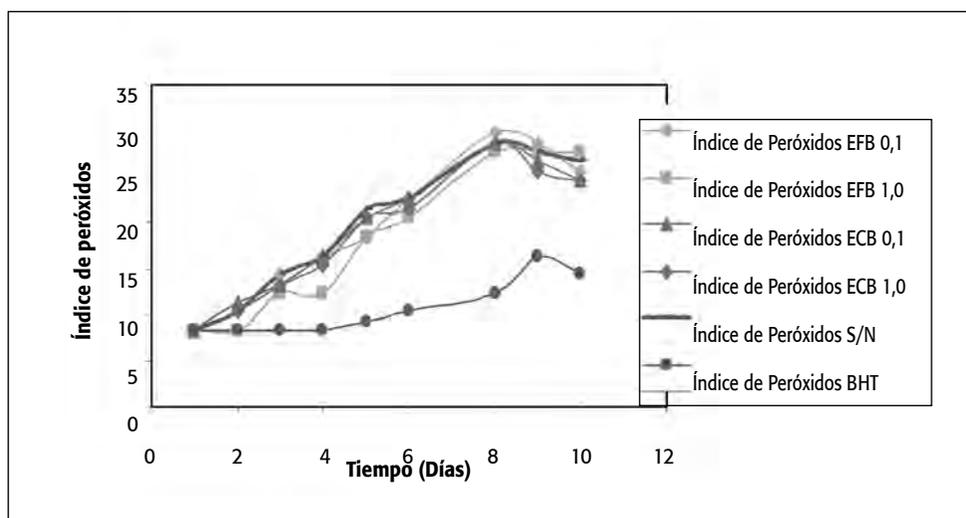


Figura 1. Evolución del índice de peróxidos con respecto al tiempo

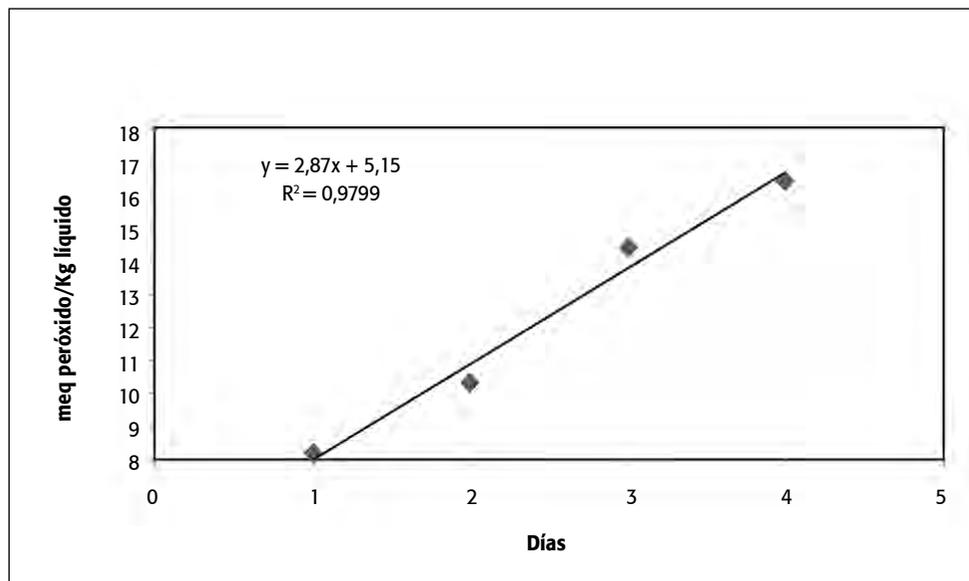


Figura 2. Producción de peróxidos en el aceite de soja para SIN (Primeros cuatro días a 40°C)

dante sobre los agentes de deterioro adicionados al aceite de soja con extracto de vaina del balú. De otra forma, en el experimento con EFB al 1,0% se observa cómo en los primeros cuatro días hay acción antioxidante, visualizándose una producción mayor de peróxidos en el testigo con ausencia del factor SIN y una menor con la aplicación usual de butilhidroxi-tolueno.

En la figura 2 se muestra la cinética correspondiente al periodo de iniciación de la reacción de rancidez oxidativa del aceite de soja adicionado con extracto de fruto de balú al 1% (primeros cuatro días). En esta se observa correlación lineal, lo cual implica que la formación de peróxidos ocurrida en la etapa de iniciación de la oxidación puede generar compuestos volátiles tales como 2-metil-propanal, n-pentanal, n-hexanal, heptanal, nonanal, 1-octen-3-ol y D-decalactona, acorde con los resultados reportados por Solo *et al.* (2011). De igual forma, evidencia el desarrollo de radicales libres, moléculas inestables y muy reactivas, capaces de intervenir en la reacción en cadena.

De otro lado, el análisis estadístico de varianza (ANOVA) no reporta interacción significativa entre

los dos tipos de antioxidantes naturales (EFB y EVB) a las concentraciones 0,1 y 1,0%. Por tanto, se acepta la hipótesis nula para ASOY; es decir, que ni el extracto graso del fruto ni el extracto graso de la vaina del Balú tienen poder antioxidante en las concentraciones 0,1 y 1,0% sobre la rancidez oxidativa del aceite de soja.

Acción sobre la rancidez lipolítica

Para la evaluación del efecto antioxidante de los extractos estudiados sobre la rancidez lipolítica se realizaron lecturas por duplicado en crema de leche (CLEC), durante diez días, utilizando dos puntos de referencia: crema de leche sin antioxidante (SIN) y crema de leche con butilhidroxitolueno como antioxidante (BHT). Los datos obtenidos se utilizaron para establecer el índice de acidez promedio expresado como mg de KOH/g lípido (figura 3). En esta se advierte un índice de acidez alto para la crema de leche correspondiente al testigo menor (SIN) y un índice de acidez bajo para la crema de leche con BHT (testigo mayor).

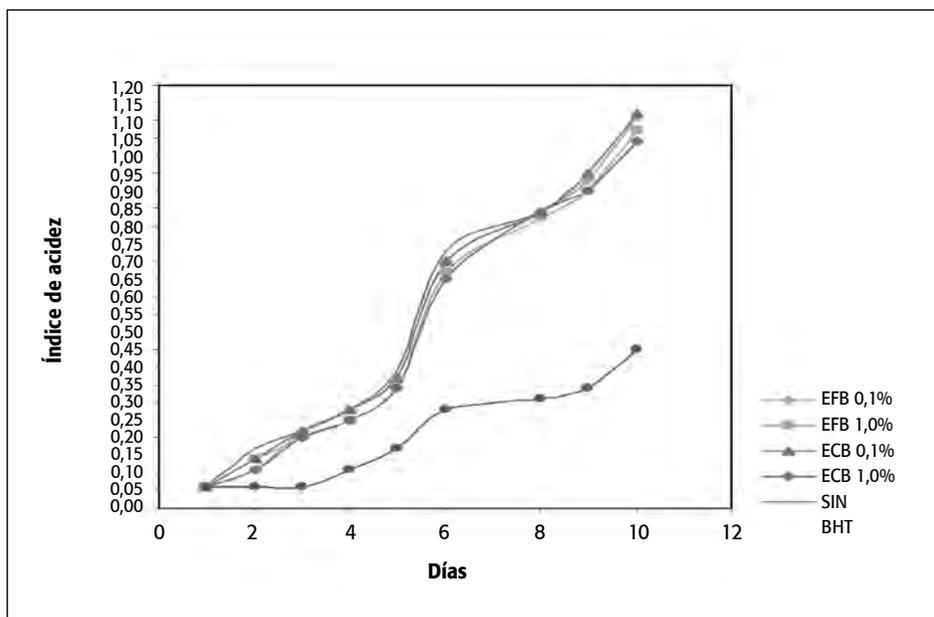


Figura 3. Evolución del índice de acidez en crema de leche

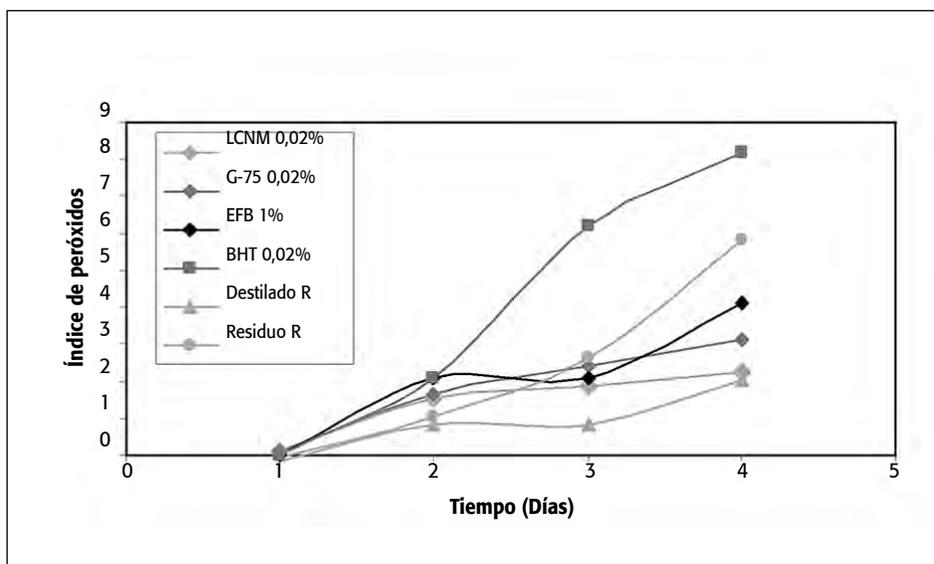


Figura 4. Comparación de la acción antioxidante del extracto del fruto del balú con otros extractos de acción antioxidante

Con respecto a los resultados de la acción antioxidante ejercida por los extractos grasos sobre la crema de leche cabe anotar que no son notorios sus efectos. No obstante, se observa un ligero impacto que en orden ascendente corresponde al EVB 0,1%; EFB 0,1%; EFB 1,0% y EVB 1,0%. Este comportamiento sugiere relación

directa con la concentración del aditivo. Asimismo, con el paso del tiempo aumenta la acidez libre, lo cual indica un grado de oxidación de la crema de leche debido al incremento del contenido de ácidos grasos libres y a la no inactivación de la lipasa; resultados similares a los reportados por Chacón (2005).

De otro lado, el análisis de varianza indica que no existe interacción significativa entre los tipos de antioxidante natural (EFB y EVB) y sus concentraciones (0,1-1,0%). Así como que los efectos principales del tipo de antioxidante y concentración no son significativos. Por tanto, se acepta la hipótesis nula para CLEC, es decir, que ni el fruto ni la vaina del balú tienen poder antioxidante en las concentraciones 0,1 y 1,0% sobre la crema de leche.

Discusión

Acción sobre la rancidez oxidativa

De los resultados obtenidos en el experimento para evaluar la acción sobre la rancidez oxidativa se seleccionó el mejor (EFB 1%) y se comparó con los reportados por Rodríguez (2003) para la cáscara de la nuez del marañón (LCNM) y por Martinello y Pramparo (2005) para extractos de romero concentrados mediante destilación molecular (R). Para ello se determinaron los cambios sufridos por los índices de peróxidos entre el aceite sin antioxidante y el aceite con antioxidante trabajados bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura (40 °C). Asimismo, se compararon con patrones de dos antioxidantes comerciales: el G-75° y el BHT (figura 4), encontrándose que el EFB 1,0% presenta una acción antioxidante ligeramente mayor que el extracto de la nuez de marañón para el aceite de soja y mucho mayor que el destilado del extracto de romero concentrado por destilación molecular para aceite de uva.

Teniendo en cuenta que se utilizó una concentración igual en los testigos con presencia de factor antioxidante, el BHT muestra una tendencia marcadamente ascendente en el periodo de iniciación de la reacción, mientras que el G-75° se comporta de manera estable a partir del segundo día, lo cual indica que el BHT posee mayor capacidad que el G-75° para atrapar radicales libres en el aceite de soja.

De otro lado, es importante hacer notar que el G-75°, el BHT y el LCNM retardan la rancidez oxidativa con una concentración de 0,02%, mientras que el EFB requirió el 1,0%, lo cual hace la concentración 50 veces mayor. Así, si bien es cierto que este extracto no presenta el mismo poder antioxidante que los demás, es posible inferir que al menos uno de sus compuestos corresponde a una estructura promisoriosa para la aplicación en la industria de alimentos, razón por la cual se recomienda para estudios futuros separar los compuestos que conforman el extracto y evaluar el potencial antioxidante de estos.

Acción sobre la rancidez lipolítica

En lo referente a los resultados de los extractos del fruto y de la vaina del balú sobre la crema de leche, el presente artículo demuestra que los extractos etéreos del balú no poseen actividad captadora de radicales libres lo suficientemente potente para compararla con el BHT.

Conclusiones

El fruto del balú contiene 3,7 veces más compuestos etéreos que su vaina y tiene más probabilidad de albergar antioxidantes apolares; los antioxidantes naturales evaluados (EFB y EVB) presentaron menor poder antioxidante que otras moléculas en la concentración de 0,1%, la cual es cinco veces mayor que la recomendada para BHT; el EFB al 1% mostró bajo poder antioxidante, razón por la cual se recomienda realizar estudios de separación de las moléculas que lo componen en busca de estructuras promisorias para la aplicación en la industria de alimento. De igual forma, se recomienda evaluar la actividad antioxidante de extractos no grasos, así como cuantificar la presencia de moléculas polifenólicas y carotenoides en los extractos grasos del fruto seco y fresco con diferentes grados de madurez.

Referencias bibliográficas

- Acero, L. E. (1998). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del "chachafruto" o "balú" Eritrina edulis Triana ex Micheli*. Colombia: Convenio Andrés Bello. Unilibro.
- Alasalvar, C., Al-farsi, M., Quantick, P. C., Shahidi, F. and Wiktorowicz, R. (2005). Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chemistry*, 89, 69-76.
- Barrera, N., Gómez, J., Gómez, E. D. y Mejía, M. (1999). Nuevas investigaciones para un adecuado manejo del chachafruto *Eritrina edulis*, especie para la alimentación del hombre y de los animales domésticos. VI Simposio Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Buga: Cipav.org.co.
- Bertieri, J. R. (2004). La cadena de valor para productos procesados a partir de la semilla de chachafruto. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 6 (1), 90-101.
- Biocomercio Sostenible (2003). *Estudio de mercado a nivel nacional de productos derivados del chachafruto (Erythrina edulis)*. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Chacón, A. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 12 (002), 239-252.
- Ciappini, M. C., Gatti, M. y Navarro, S. (2008). Influencia de la humedad del grano de maní de confitería en su calidad sensorial y vida útil. Invenio. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, 11 (20), 91-103.
- Costa Batllori, P. (2003). Antioxidantes naturales en alimentación animal. [www.racve.es]. España: Real Academia de Ciencias Veterinarias. Recuperado de: <http://www.racve.es/actividades/ciencias-basicas/2003-10-08Pere-CostaBatllori.htm>
- Dyubeni, L. y Buwa, L. (2012). An ethnobotanical study of plants used for the treatment of ear, nose and throat (ENT) infections in Nkonkobe Municipality, South Africa. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (14), 2721-2726.
- Gaviria, L. E. (2000). *Manual de métodos fisico-químicos para el control de calidad de la leche y sus derivados*. Colombia: Icontec.
- González, G. H., Jiménez, D. C., Pérez, Y., Rodríguez, M. and Galvis, J. A. (2010). Carotene contained in minimally process carrots (*Daucus carota*). *Food Innova*. Universidad Politécnica de Valencia. Octubre 25-29. Recuperado de: <http://www.foodinnova.com/foodInnova/docu2/271.pdf>
- González, Ó., Moy, N. A. y Guzmán, J. (2008). El alfa-tocoferol y el ácido alfa-lipoico. Una sinergia antioxidante con potencial en medicina preventiva. *Revista de Investigación Clínica*, 60 (1), 58-67.
- González, E. (2002). Agrobiodiversidad. Proyecto Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino. Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable ATN/JF-5887/RG CAN-BID. Venezuela. pp. 31-65.
- Kuo, R. Y., Chang, F. R., Chen, C. Y., Teng, C. M., Yen, H. F. and Wu, Y. C. (2001). Antiplatelet activity of N-methoxybarbonyl aporphines from *Rollinia mucosa*. *Phytochemistry*, 57 (3), 421-425.
- Kuskoski, M., Asuero, A., García-Parilla, C., Troncoso, A. y Fett, R. (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Food Science and Technology (Campinas)*, 24 (4), 691-693.
- Martinello, M. A. y Pramparo, M. (2005). Poder antioxidante de extractos de romero concentrados por destilación molecular. *Información tecnológica*, 16 (5), 17-20.

- Montoya, G., Osorio, E., Jiménez, N. y Arango, G. (2004). Actividad captadora de radicales libres de alcaloides de *Rollinia pittieri* (Annonaceae) por el método del DPPH. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 11 (2), 51-57.
- Murillo, J. (2001). Las Annonaceae de Colombia. *Biota Colombiana*, 2 (1), 49-58.
- Navarro, A., Pinotti, A., Garía, M. y Martino, M. (2006). Determinación de la capacidad antioxidante de extractos vegetales sometidos a distintos procesos de conservación. Buenos Aires: XXII Interamerican Confederation of Chemical Engineering.
- Pérez, O. y Sáenz, M. (2002). Conozca el potencial agroalimentario del chachafruto. La revolución proteica de las leguminosas. Un nuevo modelo sustentable de producción de proteínas para la alimentación humana y animal. *Revista La era ecológica* [en línea], 1. Recuperado de: http://www.eraecologica.org/revista_01/era_ecologica_1.htm?chachafruto.htm~mainFrame
- Reina, C. E. y Solórzano, D. B. (1998). Evaluación de pérdidas postcosecha del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva: Universidad Sur Colombiana, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Agrícola.
- Rodríguez, Y. (2003). Evaluación de la actividad antioxidante del líquido de la cáscara de la nuez del marañón (*Anacardium occidentale*) en aceite de soya, mediante ensayos acelerados de almacenamiento. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia.
- Ruiz, G., Venegas, E., Chávez, M. H. y Eustaquio, C. L. (2010). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos del fruto y hojas de *Morinda Citrifolia* L. “noni” y cuantificación espectrofotométrica de los flavonoides totales. *UCV-Scientia*, 2 (2), 11-22.
- Sánchez, A., Torrescano, G., Camou, J., González, N. y Hernández, G. (2008). Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh*, 2 (2), 124-159.
- Sandoval, A., Forero, F. y García, J. (2010). *Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora*. Tolima: Ministerio de Agricultura, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Soto, H., Peralta, E., Cano, D., Martínez, O. y Granda, D. (2011). Envases activos antioxidantes y su efecto sobre la calidad sensorial y los compuestos volátiles en leche entera deshidratada. *Vitae*, 18 (2), 115-123.
- Tene, V., Malagón, O., Vita, P., Vidari, G., Armijos, Ch. y Zaragoza, T. (2007). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchipe, Ecuador. *J. Ethnopharmacology*, 111, 63-81.
- Valentão, P., Andrade, P. B., Silva, E., Vicente, A., Santos, H., Bastos, M. L. y Seabra, R. M. (2002). Methoxylated xanthones in the quality control of small centaury (*Centaurium erythraea*) flowering tops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (3), 460-463.
- Valentão, P., Fernandes, E., Carvalho, F., Andrade, P. B., Seabra, R. M. y Bastos, M. L. (2001). Antioxidant activity of *Centaurium erythraea* infusion evidenced by its superoxide radical scavenging and xanthine oxidase inhibitory activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (7), 3476-3479.