

## Eficiencia productiva en cerdos de levante alimentados con materias primas alternativas de países tropicales: meta-análisis

## Productive efficiency in raising pigs fed with alternative raw materials from tropical countries: meta-analysis

Janeth Agudelo-Quintero \*  y Martha Mesa-Granda

Facultad Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Medellín

### Resumen

Se comparó la eficiencia productiva de concentrados comerciales con materias primas alternativas de países tropicales en cerdos de levante. Para la recolección de los datos se buscó información en artículos científicos indexados en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc) con palabras claves como "porcinos" "levante" "alimentación alternativa" "producción" "ganancia diaria" "conversión alimenticia", trabajando los artículos encontrados mediante la metodología PRISMA. Se tuvo en cuenta los siguientes criterios de elegibilidad: revistas indexadas en idioma español, inglés, portugués y francés con artículos científicos completos sin importar el periodo de publicación. Porcinos en levante y cuya alimentación tuviera como base materias primas alternativas. Análisis de los parámetros productivos (consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia). Validación de la eficiencia productiva de dichas materias primas alternativas mediante diseños experimentales y análisis estadístico. Como principales resultados de la revisión sistemática se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), en cuanto al consumo y ganancia de peso al usar desechos animales se obtiene menor consumo y menor ganancia de peso, siendo similar el desempeño productivo al obtenido con animales alimentados con concentrado comercial. Las oleaginosas son las materias primas que, aunque no tienen un mayor consumo presentan la mejor ganancia de peso en los animales y por consiguiente mejor desempeño productivo (conversión alimenticia). Por ser países tropicales se tuvieron en cuenta las forrajeras y subproductos que, aunque no tienen un buen desempeño productivo pueden desarrollarse nuevas investigaciones desde costos productivos para determinar si realmente se pueden disminuir los gastos en alimentación con la inclusión de estas materias primas alternativas en las raciones de cerdos en etapa de levante.

**Palabras clave:** eficiencia; alimentación alternativa; cerdos levante; meta-análisis

### Abstract

Productive efficiency of commercial concentrates was compared with alternative raw materials in tropical countries raise pigs. For data collection, information was sought on scientific articles indexed in the Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and Portugal "Redalyc" with keywords like "pigs" "lift" "alternative power" "production" "daily gain" "feed conversion", working the articles meet by the PRISMA methodology. The study took into account the following eligibility criteria: Journals indexed in Spanish, English and Portuguese and French with full scientific articles regardless of the period of publication. Pigs in lift, whose feed had alternative raw materials basis. Analysis of the production parameters (consumption, weight gain, feed conversion). Validation of the productive efficiency of such alternative raw materials by experimental designs and statistical analysis. The main results were obtained difference statistic signific in the variables consumption and weight gain, when comparing of means of the different articles consulting, was established that animal waste treatment present and lower weight gain but similar productive performance of animals to comparing whit commercial concentrate. Oilseeds are the raw materials that are not in higher consumption have the best weight gain in animals and therefore better growth performance (feed conversion). Being tropical countries were considered forage and by-products that are not in a good productive performance can develop new research from production costs to determine whether they can reduce food expenses by including these alternative raw materials in diets for raise pigs on stage.

**Key words:** efficiency; alternative food; pigs lift; meta-analysis

\*Autor de correspondencia: [janeth.agudeloq@udea.edu.co](mailto:janeth.agudeloq@udea.edu.co)

Editor: Víctor Macías

Recibido: 09 de junio de 2021

Aceptado: 10 de marzo de 2022

Publicación en línea: 03 de junio de 2022

Citar como: Agudelo-Quintero, J., y Mesa-Granda, M. 2022.

Eficiencia productiva en cerdos de levante alimentados con

materias primas alternativas de países tropicales: meta-análisis.

Intropica 17(1): 114 -132. Doi:

<https://doi.org/10.21676/23897864.4089>

## Introducción

La nutrición es uno de los aspectos más importantes para la producción animal en cualquiera de las especies domésticas usadas para consumo humano, siendo de alta relevancia la producción porcina, específicamente en la etapa de levante. En esta etapa, el factor más importante a ser evaluado como indicador de eficiencia productiva, es la conversión alimenticia (relación consumo de alimento/ganancia de peso), la cual ha variado de acuerdo a las nuevas dietas suministradas con concentrados específicamente en cerdos, de 3,8 kg de alimento consumido/kg de peso ganado en el año 1990 a 2,36 kg de alimento consumido/kg de peso ganado en el 2010 (Hurtado *et al.*, 2011a).

Actualmente la producción porcina en países tropicales de América Latina es altamente costosa (representando la alimentación el 70 % de los costos productivos). En este sector se ha buscado mediante la investigación, reemplazar las materias primas importadas para la fabricación de concentrados, por fuentes alternativas que mejoren los indicadores económicos y productivos, tales como: cereales, forrajeras, subproductos de cosecha, entre otras, provenientes en su totalidad de países tropicales que comparten unas condiciones edafo-climáticas similares por estar cerca de los trópicos, como clima cálido, verano e invierno (como estaciones climáticas), días y noches con la misma duración. Igualmente es de resaltar que estas especies alternativas tienen buena calidad nutricional, su uso disminuyen los costos productivos en un 15 % en promedio por obtenerse directamente en el sistema de producción, aumentando la rentabilidad del sistema productivo y lo más importante, no compiten con la alimentación humana en comparación con las materias primas tradicionales utilizadas en la elaboración de alimentos concentrados (Agudelo, 2009).

Las variables que deben ser tenidas en cuenta para evaluar la eficiencia productiva en cualquier sistema son: consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia, sobre las cuales influye directamente el tipo de material utilizado en la alimentación de los animales, bien sea, cereales, gramíneas, forrajeras, encontrando resultados contradictorios en las diferentes investigaciones realizadas con: leucaena (*Leucaena leucocephala*) en las que se reportó en promedio ganancia diaria de 377 g y 2,15 como índice de conversión alimenticia (López, 2007), mientras que en subproductos de cosecha como la batata (*Ipomoea batata*), Van *et al.* (2005), reportaron resultados en ganancia diaria de peso de 536 g y 3,8 kg de alimento consumido/kg de peso ganado como conversión

alimenticia, debido a que las forrajeras como la *Leucaena* reportan menor ganancia de peso y a su vez necesitan menor consumo para tener un mejor desempeño productivo (reflejado en la conversión alimenticia de los animales). Igualmente se tienen reportes en resultados de oleaginosas como la harina de coco (*Cocos nucifera* L.) en la que los animales obtuvieron una ganancia de peso promedio de 781 g y 2,36 kg de alimento consumido/kg de peso ganado (conversión alimenticia) por ser un alimento de tipo energético sin factores anti-nutricionales y su contenido de fibra (10-12 %) no presenta inconvenientes para la asimilación de los nutrientes (Da Costa *et al.* 2008). De acuerdo con lo anterior resulta de gran importancia evaluar y validar comparativamente los resultados ya obtenidos en otros estudios relacionados con alimentación alternativa de cerdos en levante mediante un metaanálisis.

La importancia de este estudio radica en que el meta-análisis, no necesita experimentación que es altamente costosa, sino que permite a partir de la evaluación de artículos científicos relacionados con alimentación alternativa de países tropicales en cerdos de levante, destacar las materias primas alternativas más eficientes, sin competir con la alimentación humana y que podrían ser utilizadas en la fabricación de concentrados comerciales para cerdos en levante (Ibarra, 1988). Así mismo, ayudan a disminuir la importación de materias primas, que hacen perder calidad por la contaminación que se da de estas en el transporte, por ejemplo, el uso de maíz (*Zea mays*) que fácilmente puede contaminarse con Aflatoxinas, ocasionando alrededor del 25 % en pérdidas económicas a los productores porcícolas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR– 2012).

## Materiales y métodos

El estudio se trabajó mediante la metodología PRISMA (Urrutia, 2010) y se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

### Protocolo, registro y criterios de elegibilidad

El estudio partió de una población desconocida representada en artículos científicos teniendo en cuenta los siguientes criterios de elegibilidad: revistas indexadas en idioma español, inglés, portugués, francés con artículos científicos completos sin importar el periodo de publicación; porcinos en levante y cuya alimentación tuviera como base materias primas alternativas; análisis de los parámetros productivos (consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia); validación de la eficiencia productiva de dichas materias primas alternativas mediante diseños experimentales y análisis estadístico. Al tratarse de una población de artículos científicos desconocida, se usó un 95 %

de confiabilidad y un 8,5 % de margen de error, para calcular el tamaño de una muestra representativa, finalmente encontrando una muestra de 132 artículos.

Como criterios de exclusión se tuvieron para el análisis descriptivo: reseñas de tesis, no diferenciar en la evaluación la etapa de levante y finalización, no evaluar los tres parámetros de producción (consumo, ganancia, conversión alimenticia). Para el análisis inferencial se excluyeron los estudios que analizaban más de una materia prima alternativa.

### **Búsqueda y selección de datos**

Con el fin de evitar sesgos y/o errores al momento de incluir o excluir en el metaanálisis los datos de los artículos encontrados durante la revisión bibliográfica se determinaron los siguientes criterios: para la recolección de los datos se buscó la información en artículos científicos indexados en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal "Redalyc" con palabras claves como "porcinos" "levante" "alimentación alternativa" "producción" "ganancia diaria" "conversión alimenticia" y de acuerdo al tamaño de la muestra poblacional se tuvieron en cuenta los artículos que cumplieron con los cuatro factores de inclusión, obteniendo un total de 132 artículos y, usando la técnica de niveles de exclusión, se evaluaron 83 estudios para desarrollar el análisis descriptivo y de allí finalmente se trabajó con 55 estudios para análisis inferencial mediante la metodología PRISMA (especifica los requerimientos para desarrollar un meta-análisis); la tabulación de los datos se realizó mediante la utilización de hojas de cálculo donde se ingresó cada parámetro a evaluar, consignando la información de manera adecuada para compendiarla correctamente y su análisis se realizó mediante el software Statgraphics. La información consultada fue de tipo secundaria, es decir, se trabajó directamente sobre bases de datos automatizadas, y no se incluyó "literatura gris" (información no publicada).

### **Tabulación y análisis de la información**

En los objetivos de tipo cualitativo, la información se organizó de acuerdo con las revistas científicas indexadas más utilizadas por los investigadores, los países de origen de la investigación y las materias primas más usadas en cada uno de estos, consolidándose en gráficas mediante tortas y barras con medidas de tendencia central como la moda. En los objetivos de tipo cuantitativo se analizaron 55 estudios y según la metodología de Jensen (2002), la unidad experimental utilizada fue el "ensayo", correspondiendo a las diferentes pruebas

realizadas dentro de un mismo "estudio" o "publicación", permitiendo determinar los promedios de cada una de las variables (consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia) para comprobar diferencia significativa entre tratamientos teniendo en cuenta seis tipos de materias primas alternativas (cereales, gramíneas, forrajeras, desechos de animales, oleaginosas, subproductos de cosecha) y un control (concentrado comercial).

Para probar las hipótesis, se compararon las medias mediante pruebas no paramétricas como Kruskal-Wallis y se transformaron las variables con escala logarítmica de base 10, evaluando nuevamente mediante pruebas paramétricas como Prueba F mediante un modelo GLM para encontrar diferencia significativa con  $p < 0,05$  al comparar las materias primas utilizadas. Comparando finalmente las medias mediante prueba de Duncan con un nivel de significancia de 5 %. Se comparó mediante caja de bigotes cada una de las variables antes y después de la transformación de los datos.

## **Resultados**

Se revisaron un total de 132 artículos científicos relacionados con consumo, ganancia y conversión alimenticia de cerdos en levante, a quienes se les suministró en la ración materias primas alternativas teniendo en cuenta finalmente 83 artículos que cumplían con cada uno de los criterios, trabajando con un 95 % de confiabilidad y un 10,6 % de margen de error para desarrollar el análisis descriptivo. El 37 % del total de artículos revisados no contaron con los criterios de inclusión seleccionados para ser analizados, pues aunque son válidos o confiables como información científica, no realizaban el análisis de todos los parámetros productivos establecidos para el presente metaanálisis (consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia) evaluando en algunos casos consumo y digestibilidad, en otros estudios analizaban dos etapas de producción en cerdos (levante y ceba) sin diferenciarlas o simplemente era una reseña de tesis.

### **Revistas, países**

Las revistas científicas con mayor cantidad de artículos sobre "Materias primas alternativas en cerdos de levante" son: Livestock Research for Rural Development, Revista Brasileira de Zootecnia y Revista Computadorizada de Producción Porcina, con 33 (40 %), 12 (14 %) y 9 (11 %) artículos, respectivamente. Estos resultados fueron encontrados debido a dos aspectos principalmente, el primero es que la revista Livestock publica gratuitamente los artículos y como puede observarse es la que más número de artículos científicos presenta, tiene una amplia

política de publicación y cobertura (sin tener en cuenta país de origen del estudio, idioma de publicación), el tiempo previsto para la publicación de los artículos es corto y su visibilidad internacional es grande.

El 35 % de los estudios, están representadas por publicaciones en revistas con 5 % o menos de artículos publicados, entre las que se encuentran: Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Archivos de Zootecnia, Avance en Investigación Agropecuaria, Revista Ceiba, Revista Folia Amazónica, Revista Nutrición Animal Tropical, Revista Brasileira de Ciencias Agrarias, Revista Científica FCV Luz, Revista Computadorizada de Producción Animal, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Revista Cubana de Ciencias Agrícolas, Revista MVZ Zootecnia, Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Revista Zootecnia Tropical, Revista Brasileira de Zootecnia. Estas revistas tienen costo de publicación, igualmente algunas como la Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias exige que su artículo sea en idioma inglés, lo que impide en algunas ocasiones la publicación por la barrera lingüística de los autores, y son de una exigencia mayor en cuanto a la calidad de los artículos a publicar.

### Materias primas alternativas usadas

En los artículos consultados los cerdos de levante consumieron seis tipos de alimentos o materias primas alternativas, clasificadas en cereales (11 estudios con 13 %), gramíneas (4 estudios con 5 %), forrajeras (12 estudios con 14 %), desechos de animales (2 estudios con 2 %), oleaginosas (5 estudios con 6 %), subproductos de cosecha (42 estudios con el 51 %) y, los restantes 7 estudios (9 %) se deben a la combinación entre los diferentes tipos de alimentos. Destacando que la cantidad de estudios realizados en subproductos de cosecha (51 %) se debe principalmente a la facilidad que tienen los productores en conseguir dichas materias primas, por caracterizarse los países tropicales en ser productores agrícolas (materias primas), que combinan la actividad con la producción pecuaria.

El subproducto de cosecha más usado en los diferentes estudios es la Yuca (*Manihot sculenta*) con un 16 % en diferentes presentaciones, bien sea harina, follaje, raíz; en general las materias primas más utilizadas son: maíz destilado (*Zea mays*), noni (*Morinda citrifolia*), melaza, subproductos de arroz (*Oryza sativa*), jugo de caña (*Saccharum officinarum*), raíz y harina de batata (*Ipomoea batata*), pejibaye (*Bactris gasipaes*), espinaca de agua (*Ipomoea aquatica* forsk), taro o malanga (*Colocasia esculenta*), afrecho y germen de maíz, cacao (*Theobroma cacao*), cáscara de café fresca (*Coffea arabica*) y ensilada, maíz

ensilado, semilla de calabaza (*Curcubita maxima*), aceite de palma y cachaza de palma (*Elaeis guineensis*), residuos de panadería, azolla (*Azolla filiculoides*) y vinaza.

Entre los cereales (14 %) el producto más utilizado es el subproducto de arroz con un 36 %, encontrándose también el uso de levadura de torula (*Candida utilis*), triticale (*Triticum turgidosecale*), germen de trigo (*Triticum sativum*), sorgo morado (*Eleusine coracana*), garbanzo (*Cicer arietinum*). Como forrajeras (representaron un 15 % del total de los estudios) se utilizan en mayor proporción la leucaena (*Leucaena leucocephala*), caupí (*Vigna unguiculata*) y morera (*Morus alban*), con un 17 % cada uno; otros productos forrajeros utilizados son: maní forrajero (*Arachis pinto*), bledo (*Amaranthus dubius*), quiebrabarrigo o nacedero (*Trichantera gigantea*), Lemna gibba, harina de kudzú (*Pueraria phaseoloides*), matarratón (*Gliricidia sepium*), arveja forrajera (*Pisum sativum*).

El 2,5 % del total de los estudios correspondió a los desechos de animales, utilizando vísceras de pescado en harina con el 66 % y ensilaje de pescado con el 34 %. En promedio, presentan 67% de agua, 10 % proteína, 14 % Extracto Etéreo (EE) y 3 % minerales (Bermúdez *et al.*, 1999), necesarios para un buen desarrollo muscular de los animales debido a su excelente balance de aminoácidos esenciales.

Al realizar el análisis de la eficiencia productiva de las materias primas alternativas usadas en los artículos científicos, se encuentra que el 51 % de los estudios reportan igualdad en la eficiencia productiva (parámetros consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia) entre los tratamientos experimentales (materias primas alternativas) y testigos en la alimentación de cerdos en levante. Hipotetizando que las materias primas alternativas tienen igual desempeño productivo en cerdos de levante al ser comparadas con concentrados comerciales.

### Parámetros productivos

Al comparar el consumo entre materias alternativas y concentrado comercial, se encontró igualdad, desempeño mayor y desempeño menor en cada uno de los tratamientos alternativos en comparación al control o concentrado comercial; de acuerdo a los 83 artículos analizados, 57 de ellos (69 %) reportaron un consumo igual de dietas con base en materias primas alternativas comparadas con dietas comerciales o suministradas tradicionalmente en la explotación, teniendo en cuenta 227 ensayos y una muestra de 647 unidades

experimentales. De las diferentes materias primas alternativas encontradas para la alimentación de cerdos en levante, las más utilizadas son los subproductos de cosecha con 27 estudios (47 %), seguido de las forrajeras y cereales con 7 (13 %) y 9 (16 %) estudios, respectivamente. Como subproductos de cosecha se utilizan más frecuentemente la yuca (14 %), batata (6 %) y jugo de caña (7 %), como forrajeras se tienen: morera (6 %), caupí (3 %), bore (*Alocasia macrorrhiza*) (6 %), entre los cereales los más utilizados fueron los subproductos de arroz (5 %); los desechos de animales son trabajados a partir de vísceras de pescado (4 %), las gramíneas *Pennisetum* (3 %); el restante 46 % son alimentos alternativos que tienen una menor proporción de participación en los estudios analizados.

El consumo mayor se encontró en solo 15 estudios (18 %), con un total de 61 ensayos y 107 unidades experimentales, de los cuales 10 estudios (67 %) corresponden a subproductos de cosecha, 2 a forrajeras (13 %), 1 estudio a oleaginosas (7 %) y a cereales (7 %) cada uno. El consumo menor fue encontrado en 10 artículos (12 %) con 40 ensayos y 96 unidades experimentales, de los cuales 5 estudios (50 %) correspondían a subproductos de cosecha, 2 forrajeras (20 %), y un estudio para cereales (10 %) y gramíneas (10 %).

### Ganancia de peso

En este parámetro productivo, 47 de los artículos consultados (57 %) reportaron una ganancia de peso similar entre los animales alimentados con materias primas alternativas Vs. dietas comerciales, teniendo en cuenta 189 ensayos y 474 unidades experimentales, correspondiendo 25 estudios a subproductos de cosecha (53 %), seis estudios a forrajeras (13 %), siete de cereales (15 %), dos de gramíneas (4 %) y un estudio a oleaginosas (2 %); estos resultados concuerdan con Sarria *et al.* (2010), al incluir niveles crecientes de Proteína Bruta (PB) a partir de hojas de caupí en reemplazo de soya (*Glycine max*), maíz (*Zea mays*) y salvado de trigo (*Triticum aestivum*) la ganancia de peso no presentó diferencias significativas, pese a que los follajes arbóreos y arbustivos poseen una baja concentración de nitrógeno, menor disponibilidad de aminoácidos que las fuentes convencionales como la soya, y presentan mayor contenido de fibra y factores anti-nutricionales, como taninos, fenoles y saponinas.

Al realizar la comparación de ganancia de peso entre materias alternativas y concentrado comercial, se encontró igualdad, desempeño mayor y desempeño menor en cada uno de los tratamientos alternativos en comparación al control o concentrado comercial; en la que la mayor ganancia de peso se

encontró en 25 estudios (30 %) con un total de 98 ensayos y 266 unidades experimentales, de ellos 10 se trataron de estudios basados en subproductos de cosecha (40 %), 3 cereales (12 %), 3 forrajeras (12 %), desechos de animales 1 (4 %) y oleaginosas 2 estudios (8 %). La ganancia de peso menor se encontró en 9 artículos (11 %) con 36 ensayos y 85 unidades experimentales, de los cuales 7 estudios correspondían a subproductos de cosecha (78 %) y 2 a forrajeras (22 %).

### Conversión alimenticia

La comparación de la conversión alimenticia entre materias primas alternativas y concentrado comercial, generó como resultado igualdad, desempeño mayor y desempeño menor en cada uno de los tratamientos alternativos comparados con el testigo (concentrado comercial); ya que, de los 83 estudios, 55 (66 %) reportaron una conversión alimenticia igual al comparar las dietas a base de materias primas alternativas con dietas comerciales o suministradas tradicionalmente en la explotación, teniendo en cuenta 221 ensayos y 544 unidades experimentales, estos resultados se encontraron teniendo en cuenta que 28 estudios (51 %) fueron realizados con subproductos de cosecha, mientras que la mayor conversión se encontró en 7 estudios (8 %) con un total de 24 ensayos y 51 unidades experimentales, de los cuales 4 (57 %) son subproductos de cosecha y 2 forrajeras (29 %), el restante 14 % de artículos utilizaron la combinación de varias materias primas alternativas para alimentar a los animales.

La conversión alimenticia menor se encontró en 20 artículos (24 %) con 83 ensayos y 255 unidades experimentales, de los cuales 11 artículos (55 %) corresponden a subproductos de cosecha, 4 estudios a cereales (20 %), gramíneas, forrajeras y oleaginosas con un estudio cada materia prima.

## Discusión

### Revistas, países

De acuerdo con la distribución del uso de la publicación de revistas por país, se logra determinar que no importa su origen, lo que llama la atención a los investigadores y autores de los estudios para su publicación es el costo de la revista, la calidad, y la visibilidad internacional que tenga esta. De igual manera, los países que más aportan estudios relacionados con este tema a la comunidad académica son: Brasil, Colombia y Cuba con 18 (22 %), 13 (17 %) y 12 (14 %) artículos, respectivamente, siendo estos países los que más consumo per cápita de carne de cerdo presentan con 14,5, 13,5 y 5,15 kg/año/persona en Brasil, Cuba

y Colombia (respectivamente) e igualmente Brasil es el país a nivel suramericano que más exporta carne de cerdo/año a países asiáticos (en su gran mayoría).

Brasil, Colombia y Cuba son los países que más desarrollan investigación sobre porcicultura, tratando de buscar nuevas fuentes alternativas de alimentación que permitan mejorar la productividad, ampliar su nivel de exportación hacia países asiáticos como China y Japón, ya que, los cerdos producidos en países como Camboya, Vietnam no cuentan con la calidad exigida por los consumidores asiáticos, tales como: carne magra y succulenta proveniente de animales jóvenes (MADR, 2012).

El criterio de selección de publicaciones de países tropicales, permite estandarizar las condiciones agroecológicas caracterizadas por un clima cálido, sólo dos estaciones climáticas (verano e invierno), sus días y noches con la misma duración, influyendo directamente en el porcentaje de grados brix de las materias primas alternativas, produciendo mayor cantidad de azúcares indispensables en el consumo de las raciones aportando metabolitos que actúan como palatabilizadores (Borín *et al.*, 2000). Los experimentos se llevaron a cabo entre 0 y 1200 msnm, existiendo variedad de materias alternativas fácilmente adaptables que provienen de diferentes países de la zona tropical (Centroamericanos, suramericanos, africanos o asiáticos), que sirven de alimentación a porcinos en levante. Pascal *et al.* (2007), defienden la teoría de que existe un potencial considerable en los países tropicales al poseer alta diversidad de árboles forrajeros, para desarrollar sistemas alimenticios basados en mezclas estratégicas, que generen un incremento del valor nutricional y por consiguiente de la productividad de los animales.

En cuanto a su calidad nutricional, los subproductos de cosecha son de naturaleza energética aportando en promedio 2,2 mal/kg de Energía Digestible (ED), contienen bajo nivel de proteína oscilando entre 4,5 y 6,4 % (Rosales y Paucar, 1996). Por su parte, las fuentes forrajeras son de gran utilidad en la alimentación porcina, aportando proteínas importantes para la formulación de dietas en producciones sostenibles y eficientes (Savón, 2006). Para Contino (2006), estas fuentes forrajeras sean leguminosas o no, pueden ser incluidas en raciones para porcinos en crecimiento, como fuente de proteína y en algunos casos de energía.

### **Materias primas alternativas usadas**

Colombia y Camboya son los países que utilizan la mayor proporción de subproductos de cosecha como material alternativo y seguido de las forrajeras, ya que, desde hace tres

décadas se ha venido implementando la alimentación alternativa en producción de bovinos, razón por la cual se están buscando nuevos resultados con buenos rendimientos productivos en otras especies como el cerdo. En países de la región como Brasil lo que más se utiliza son los cereales, debido a que el país es productor de este tipo de alimentos (arroz – *Oryza sativa*, trigo – *Triticum spp.*) usando estos materiales para la fabricación de concentrados, otras materias primas alternativas utilizadas por Brasil son los subproductos de cosecha, oleaginosas como harina de coco (*Cocos nucifera* L.), harina de girasol (*Helianthus annuus*), semilla de algodón (*Gossypium herbaceum*), canola (*Brassica napus*) y gramíneas Mijo perla (*Pennisetum glaucum*), consideradas fuentes energéticas que permiten un mejor desempeño ya que no contienen elevados porcentajes de fibra mejorando la digestibilidad de los alimentos.

Según Pérez (1997) citado por Leiva y López (2012), los países tropicales son quienes deben aprovechar al máximo los recursos forrajeros, subproductos industriales, y desechos de cosecha para la alimentación de especies monogástricas como el cerdo (etapas de levante y ceba), debido a la necesidad de buscar alternativas para disminuir los costos productivos (alimentación) que están alrededor del 70 %, por la utilización de materias primas importadas de los concentrados comerciales y que en su mayoría compiten directamente con la seguridad alimentaria humana.

Los cereales, aunque no poseen una cantidad elevada de proteínas y contienen baja palatabilidad, tienen un buen perfil de aminoácidos (lisina y triptófano) que ayuda a los animales a mejorar el desempeño productivo al no encontrar diferencia en la ganancia de peso (Moreira *et al.*, 2002). Autores como (González *et al.*, 2006; Posada *et al.*, 2006), en sus resultados económicos, confirman que la utilización de subproductos de cosecha o material forrajero en las unidades porcícolas disminuyen entre 15 – 35 % el costo productivo de los animales, y pueden catalogarse como una herramienta útil para los productores no sólo durante épocas de escasez, sino que pueden tenerse a la mano en cualquier época del año. Aunque en el meta-análisis no se trabajó espesor de grasa dorsal o contenido de grasa intramuscular, cabe mencionar que autores como (Dugan, 2001; Ocampo, 2001) reportan dietas basadas en cereales o materias primas energéticas donde no se altera el rendimiento en estas variables, siempre y cuando se encuentren equilibradas en su relación proteína – energía, puesto que, a elevados niveles de grasa y energía en raciones para cerdos en crecimiento se incrementa el peso total de vísceras y el

contenido de grasa intramuscular en los animales evaluados.

### **Eficiencia productiva general de dietas suministradas**

De los 42 estudios que reportaron igualdad en la eficiencia productiva, el 57 % corresponden a raciones con base en subproductos de cosecha, entre los más utilizados se encuentran: la yuca (*Manihot sculenta*), jugo de caña (*Saccharum officinarum*) y batata (*Batata ipomoea*), lo que significa que estas materias primas alternativas balanceadas adecuadamente para cerdos en levante, pueden sustituir en gran parte el porcentaje de energía requerida por los animales en esta etapa, concordando con los resultados encontrados por (Tepper *et al.*, 2012), en los que la incorporación de subproductos de cosecha como la raíz de batata (tubérculo con alto contenido de carbohidratos, baja concentración de proteína aunque de alto valor biológico -un 4,2 % se encuentra en forma de lisina-) no afecta las variables productivas de los cerdos en levante, asemejándose de manera importante a los animales que consumieron la dieta tradicional.

Lo anterior, indica que recursos tropicales ricos en almidones y por consiguiente, energéticos, pueden formar parte de la dieta para cerdos, concordando con lo establecido previamente por (Nguyen *et al.*, 2013), quienes describieron las bondades desde el punto de vista nutricional del uso de subproductos de cosecha como materia prima en dietas para cerdos; particularmente, esta especie al consumir alimentos que contienen mayores cantidades de energía incrementa el consumo de alimento, existiendo más energía disponible en su organismo, favoreciendo el crecimiento muscular y la producción de grasa en la canal, debido a que el exceso de energía ingerida con respecto a las necesidades de mantenimiento permite al animal mayor formación de tejido muscular y adiposo. Contrario a ello, los recursos foliares (morera y nacedero), caracterizados por su alto contenido de proteína (Pascual *et al.*, 2011), mostraron detrimentos en los parámetros productivos, por lo que debe tenerse especial cuidado al momento de incorporar altos porcentajes de dichas materias primas en dietas para cerdos en levante, ya que, por la condición metabólica de la especie, la utilización excesiva de material proteico impide mayor desarrollo muscular, crecimiento y acumulación de tejido adiposo, contrario a lo que sucede con el consumo de materiales energéticos.

El 14 % de los artículos seleccionados desarrollaron raciones basadas en cereales con una igualdad en su eficiencia productiva, según resultados hallados por (Hurtado *et al.*, 2011b), el mejor desempeño de los animales alimentados con

estos productos puede ser explicado por la composición nutricional y la digestibilidad de sus nutrientes, y, en el caso de los aminoácidos esenciales (lisina, metionina, triptófano) la digestibilidad aparente del arroz partido es superior al 81 %. Los resultados del estudio (Furlan *et al.*, 1999), obtuvieron que en la sustitución de trigo por Triticale (híbrido entre trigo y centeno) no se alteró el consumo de alimento ni la ganancia de peso de los cerdos evaluados.

Al utilizar gramíneas (Bastos *et al.*, 2002) encontraron igual consumo de la ración y ganancia de peso al incluir en los tratamientos hasta 45 % de Mijo perla (*Pennisetum glaucum*), pues a mayores niveles de inclusión se disminuyó el desempeño productivo de los animales en levante al aminorar la cantidad de energía presente en la dieta, pero incluso el 45 % de la ración mantuvo el buen desempeño de los animales, relacionado directamente con la cantidad de aminoácidos digestibles, como lisina (0,307 %), metionina (0,209 %) y treonina (0,439 %) (Indispensables para el crecimiento y desarrollo muscular de los animales en la etapa de levante). Las oleaginosas utilizadas en las investigaciones analizadas en el metaanálisis fueron: harina de girasol (*Helianthus annuus* L.), soya integral (*Glycine max*) y semilla de algodón (*Gossypium herbaceum*). Según Da Silva *et al.* (2002), en ensayos realizados en cerdos de levante con inclusión hasta del 21 % de semilla de girasol en la ración los parámetros o desempeño productivo no disminuyen, ni influye negativamente al suministrarlo a los animales.

Por lo anterior y, revisando cada uno de los tipos de materias primas alternativas utilizadas por los investigadores, las que tienen mejor rendimiento productivo en cerdos de levante al compararlas con concentrados comerciales son las oleaginosas, puesto que son materiales de alta digestibilidad con un promedio de 93 %, buen contenido de proteína 42 a 48 %, aminoácidos esenciales digestibles (lisina, treonina) que permiten un mayor desarrollo muscular, excelente calidad de la carne (magra) (Da Silva *et al.*, 2002), siempre y cuando se elimine la mayor cantidad posible de factores anti-nutricionales presentes en estas, como es el caso del gopipol, taninos, fenoles, pues por tratarse de animales monogástricos, estos interfieren en el aprovechamiento de los alimentos, ocasionando pérdida de proteína endógena y en ocasiones intoxicación por estos elementos (Mello *et al.*, 2012).

### **Parámetros productivos**

#### **Consumo de alimento**

En la tabla 1, se observa los promedios de consumo por cada tratamiento, resultando el tratamiento cuatro (Desechos de animales) con el menor (1202 g) y el tratamiento 1 (Cereales)

con el mayor promedio (2015 g), aunque el coeficiente de variación de los dos tratamientos es muy bajo debido probablemente a que los animales tuvieron consumo similar, encontrando también que ninguno de los tratamientos sobrepasa en su coeficiente de variación el 30 % máximo permitido, lo que significa que son resultados con alta homogeneidad, es decir, si se repiten los experimentos deben

arrojar los mismos resultados. Con respecto al tratamiento control, de los seis tipos de materias primas alternativas utilizadas cuatro tuvieron un promedio de consumo por debajo de este (gramíneas, forrajeras, desechos de animales y subproductos de cosecha) y dos tratamientos tuvieron un promedio mayor (cereales y oleaginosas).

Tabla 1. Consumo promedio de materias primas alternativas. D.S: desviación estándar. CV: coeficiente de variación (%).CA: coeficiente de asimetría. C.K: coeficiente kurtosis. Tratamientos con letra igual no tienen diferencia significativa, letra diferente entre tratamientos si hay diferencia.

Tratamiento	Ensayos	X	D.S	C. V. (%)	Mín	Máx	Rango	C.A.	Kurtosis
Cereales	23	2015 b	420,37	20,86	1467	2840	1373	1,56	-0,41
Gramíneas	12	1858,83 b	484,96	26,09	1221	2890	1669	0,76	0,39
Forrajeras	28	1890,11 b	449,23	23,77	980	2740	1760	0,13	-0,98
Desechos animales	4	1202,5 a	78,9	6,560	1130	1310	180	0,87	0,26
Oleaginosas	12	1959,17 b	168,93	8,620	1714	2263	549	0,14	-0,55
Sub-productos cosecha	78	1902,81 b	450,79	23,69	902	3396	2494	4,2	4,25
Control	55	1928,24 b	451,47	23,41	891	3000	2109	0,65	1,25
Total	212	1907,39	442,19	23,18	891	3396	2505	3,5	2,8

Cada tratamiento difiere con el reporte de Rostagno *et al.* (2011) quienes determinan que cerdos en levante deben consumir diariamente en promedio 1628 g de ración, ya que, este indicador influye directamente en los costos productivos; de acuerdo a los resultados, el tratamiento 4 (desechos de animales) es el único que está por debajo de este indicador (no significando que el menor consumo es el que produce un mejor desempeño productivo en los animales), los demás tratamientos incluyendo el control sobrepasan la cantidad de alimento consumido/día con respecto a lo encontrado por estos autores, sin embargo, al evaluar las variables ganancia de peso y conversión alimenticia se analizará realmente cuánto puede influir este factor en el incremento de los costos. El resultado de mayor consumo, se debe principalmente a la palatabilidad de las materias alternativas ofrecidas por los investigadores, las cuales por encontrarse en el trópico tienen un alto porcentaje de grados brix aportando mayor cantidad de azúcares, considerados factores indispensables en el consumo de los animales, a la vez que ayudan a producir metabolitos que actúan como palatabilizadores (Borin, 2000).

Según Vestergaard (1997) citado por Contino *et al.* (2008), alimentar a los cerdos con material alternativo representa una buena fuente de nutrientes (proteína, energía, minerales), lo que les permite reducir el periodo de hambre, necesitando comer menos lo que se traduce en ventajas nutricionales, fisiológicas y económicas, contradictorio a lo encontrado en los resultados del presente trabajo. Cuando los cerdos en crecimiento reciben alimento "ad libitum", el consumo de ración y principalmente, la

conversión alimenticia, dependen en gran parte, del nivel de energía (Rostagno *et al.*, 2011).

Realizando la transformación de datos, se encontró que el tratamiento 4 (desechos de animales) presenta el menor promedio de consumo por parte de los cerdos en levante evaluados por los investigadores, debido posiblemente, a la calidad biológica de sus aminoácidos y proteínas, que permiten obtener una mayor digestibilidad de los nutrientes (alrededor del 92 %), y por consiguiente disminuir el consumo de la ración al cumplir con los requerimientos de los animales en etapa de levante (Fanimó *et al.*, 2004). Un aspecto contradictorio es la presencia de *Bacillus cereus* (se encuentran en tracto digestivo de invertebrados que sirven de alimento a peces) en ensilajes elaborados por los investigadores que disminuyen la palatabilidad de la ración haciendo que el animal presente menor consumo del alimento (Bermúdez *et al.*, 1999). A nivel internacional, la Comunidad Europea reglamenta la utilización de este tipo de materias primas regidas por el acuerdo 1774 de 2012 (Parlamento Europeo, 2012), en el que se establecen las normas sanitarias aplicadas a subproductos de animales no destinados a consumo humano, siendo prohibidas por generar intoxicaciones alimentarias producidas por la presencia de diferentes tipos de bacterias (*Bacillus*, *Salmonella*), que a su vez provocan disminución en la productividad de los animales.

El grupo 3 (forrajeras) presenta los datos más dispersos (mayor heterogeneidad), además los tratamientos 6 (subproductos de cosecha) y 7 (control), tienen datos outlier y atípicos extremos que sesgan el promedio. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis



se encontró diferencia significativa del tratamiento 4 (desechos de animales) con respecto al control y los demás tratamientos. Luego de la transformación de datos se realizó ANOVA con 0,05 de nivel de significancia, con 6 tratamientos experimentales (Ver tabla 2) y tratamiento control representado por concentrado comercial, obteniéndose una p-value de 0,011, concluyendo que efectivamente existe diferencia significativa entre tratamientos. Aplicando prueba de Duncan con 0,05 de nivel de significación se encontró que el tratamiento 4 (desechos de animales) es diferente al control y demás tratamientos; sin embargo, estos últimos tuvieron un desempeño similar al tratamiento control. Al respecto, Cardona *et al.* (2001) reportaron un aumento del consumo al suministrar subproductos de cosecha como harina de yuca a medida que se aumentó el nivel de inclusión en los diferentes tratamientos evaluados, probablemente a causa de una mayor digestibilidad y gustosidad de la dieta producida por los carbohidratos solubles de la harina de yuca, aunque el aumento del consumo no es rentable por el incremento de costos productivos, y debe tenerse en cuenta si acelera la eficiencia animal (reduciendo los días de levante) y por consiguiente mejora los indicadores productivos. Cabe aclarar, que no siempre menor consumo significa menor conversión y aumento de la rentabilidad siendo necesario confrontar estos resultados con la ganancia de peso y conversión alimenticia de los animales.

Resultados reportados por (Ly, 2006; Degen, 2010) son similares, al mencionar que los subproductos de cosecha, gramíneas y forrajeras presentan elevados contenidos de fibra, generando

un efecto negativo en la digestión y absorción de los nutrientes de la ración, al igual que el llenado por volumen que causan estos alimentos, afectando las variables productivas (ganancia de peso y conversión alimenticia) ya que los animales tienden a consumir menos cantidad de la ración, por consiguiente los nutrientes asimilados no son los necesarios, generando una menor ganancia de peso y traduciendo finalmente en mayor conversión alimenticia o menor productividad del sistema porcícola. Con estos resultados se rechaza la hipótesis nula del meta-análisis por encontrarse diferencia entre el consumo de los diferentes tratamientos alternativos evaluados comparados con el tratamiento testigo (concentrado comercial).

### Ganancia de peso

La menor ganancia de peso encontrada fue en subproductos de cosecha, debido probablemente al nivel de inclusión de las materias primas en las raciones de los animales pues en algunos de ellos utilizaban el 50 y hasta el 100 % de inclusión de la materia prima en la ración, demostrando que fueron dietas con deficiente digestibilidad proteínica, quizás por los factores antinutricionales presentes en los productos *Lemna gibba*, kudú (*Pueraria phaseoloides*), batata (*Batata ipomoea*), semilla de calabaza (*Curcubita pepo*), yuca (*Manihot sculenta*) que contienen fenoles, taninos, ácido cianhídrico, produciendo en el animal baja digestibilidad de los alimentos por tener enzimas inhibidoras de tripsina, menor tasa de crecimiento y por consiguiente menor productividad en el animal.

Tabla 2. Ganancia de peso promedio por materia prima alternativa. D.S: desviación estándar. CV: coeficiente de variación (%).CA: coeficiente de asimetría. C.K: coeficiente kurtosis. Tratamientos con letra igual no tienen diferencia significativa, letra diferente entre tratamientos si hay diferencia.

Tratamiento	Ensayos	X	Desv. St.	C.V	Mín.	Máx.	Rango	CA	C.K
Cereales	23	650,04b	177,96	27,39 %	331	923	592	-0,98	-0,97
Gramíneas	12	713,17b,c	262,25	36,78 %	233	908	675	-1,85	-0,16
Forrajeras	28	635,64b	212,59	33,45 %	261	1080	819	0,65	-0,42
Desechos animales	4	409,25 a	55,65	13,6 %	357	488	131	1,08	1,01
Oleaginosas	12	784,33c	56,09	7,15 %	695	920	225	1,44	1,85
Sub-productos cosecha	78	613,05b	130,97	21,36 %	317	991	674	0,68	1,49
Control	55	664,4b	173,02	26,04 %	139	1039	900	-1,07	0,82
Total	212	644,89	172,37	26,73 %	139	1080	941	-0,95	-0,58

La tabla 2, muestra los promedios de ganancia de peso por cada tratamiento, en los que el tratamiento desechos de animales obtuvo el menor promedio (409,25 g). Estos indicadores no son los más adecuados para la alimentación de cerdos, puesto que, en la productividad y eficiencia animal se pretende conseguir que a menor consumo los animales ganen la mayor cantidad de

peso posible (traduciéndose en aumento de la rentabilidad del sistema productivo), cabe anotar los riesgos que trae alimentar un cerdos con este tipo de materias primas (desechos de animales) que tienen una fácil descomposición, ocasionando intoxicaciones alimentarias, pérdidas productivas y económicas. Contrario a este resultado se tiene el tratamiento 5

(oleaginosas) que presenta el mayor promedio en ganancia de peso con 784,33 g/animal, encontrándose un coeficiente de variación muy bajo, posiblemente, porque los animales utilizados tuvieron una ganancia de peso muy similar. Con respecto al tratamiento control, de los seis tipos de materias primas alternativas utilizadas por los investigadores, cuatro de ellas presentaron menor promedio de ganancia de peso (cereales, forrajeras, desechos de animales, subproductos de cosecha) y sólo dos obtuvieron resultados con un promedio mayor (gramíneas y oleaginosas).

Al igual que en la variable consumo, cada tratamiento difiere de los reportes de Rostagno *et al.*, (2011) en los cuales la ganancia de peso diaria en cerdos de levante debe ser de 868g/animal, ya que, todos los tratamientos presentaron una ganancia de peso inferior a lo sugerido por los autores, influyendo también en los costos productivos, debido probablemente, por la calidad de las materias primas con las que fueron elaboradas cada una de las raciones, lo que disminuye el crecimiento de los animales y la conformación de tejido muscular por la cantidad de proteína suministrada en las dietas, sin tener en cuenta si tiene o no buena palatabilidad.

Al transformar los datos de ganancia de peso, se obtuvo que el tratamiento 4 (desechos de animales) presenta el menor promedio de ganancia de peso (409,25g) en los cerdos evaluados en etapa de levante; debido probablemente por la presencia de quitina en algunos peces e invertebrados, que no es asimilada fácilmente por animales monogástricos, disminuyendo la digestibilidad de sus aminoácidos, y bloqueando el acceso de enzimas digestivas a los lípidos y proteínas, considerándose el valor de la energía muy baja, indispensable para un buen desarrollo de los cerdos en la etapa de levante (Fanimó *et al.*, 2004). Al analizar el coeficiente de variación, se encuentra que los tratamientos gramíneos (36,78 %) y forrajeras (33,45 %) son los grupos más heterogéneos, debido a que los animales de estos tratamientos presentaron ganancia de peso muy diferente (quizás por el tipo de suelo en los que fueron cosechados, los días de cosecha, el tipo de fertilización utilizada) y si se realizan nuevamente los ensayos, sus resultados no serán los mismos. El grupo 5 (oleaginosas) es el que presenta mayor promedio en cerdos de levante evaluados por los investigadores de los diferentes estudios analizados. Al respecto, Da Costa *et al.* (2008) reportan mayores ganancias con harina de coco (representadas por el 32,6 %) en inclusiones hasta del 20 % de este elemento en la ración como fuente de energía, atribuido a la disminución de harina de trigo en la dieta que permitió un mayor consumo por parte de los

animales y por consiguiente mayor contenido energético que permite utilizar los nutrientes proteicos directamente en formación de músculo (carne), y el exceso de energía se aprovecha en las funciones de mantenimiento y depósito de glucógeno en el músculo del animal.

Se encontró diferencia significativa del tratamiento 4 (desechos de animales) con respecto al control y los demás tratamientos, siendo similares los tratamientos cereales, forrajeras, subproductos de cosecha y control, difiriendo a su vez de los tratamientos oleaginosas y gramíneas. Al realizar ANOVA con 0,05 de nivel de significancia se obtuvo una p-value de 0,0092, concluyendo que existe diferencia significativa entre tratamientos al evaluar la ganancia de peso de los animales (rechazando la hipótesis nula). Se aplicó prueba de Duncan con 0,05 de nivel de significación y se encontró que el tratamiento 4 (desechos de animales) es diferente a todos los tratamientos incluyendo el control, el cual no presenta diferencia con los tratamientos cereales, forrajeras, subproductos de cosecha. El resultado de mayor ganancia de peso en oleaginosas, concuerda con lo reportado por Da Silva *et al.* (2002), evaluando la inclusión de harina de girasol en la ración en cerdos de levante notaron una ganancia de peso entre 747 g y 803g/animal/día con diferentes niveles de inclusión de la materia prima, ya que, con un 21 % de la materia prima en la dieta, se tiende a mejorar el nivel de fibra y los animales aumentan la digestibilidad de los nutrientes.

### Conversión alimenticia

De las diferentes materias primas alternativas encontradas para la alimentación de cerdos en levante las más utilizadas son los subproductos de cosecha con 48 estudios, seguido de las forrajeras con 15 estudios. Esta igualdad en la conversión alimenticia entre las diferentes materias primas, se obtuvo principalmente porque las materias alternativas ofrecidas por los investigadores disponían de buena calidad nutricional, lo que les permitió conseguir una buena ganancia de peso; y, debido a que se encuentran en países tropicales contienen alto porcentaje de grados brix produciendo mayor cantidad de azúcares importantes en el consumo de las raciones aportando metabolitos que actúan como palatabilizadores (Borín *et al.*, 2000).

En la tabla 3, se muestra los promedios de conversión alimenticia de cada tratamiento, encontrándose el tratamiento 5 (oleaginosas) con el menor promedio (2,51) y además el coeficiente de variación más bajo (7,66 %), debido a que los

animales presentaron una conversión alimenticia similar durante el tratamiento; el tratamiento 1 (cereales) es el que presenta mayor promedio (3,37), obteniendo en tres de los 6 tratamientos experimentales y en el testigo un coeficiente de variación mayor al 30 %, lo que significa que son resultados con alta heterogeneidad, y, si se repiten los experimentos los

resultados serán diferentes. De acuerdo al tratamiento control, sólo dos de los seis tratamientos alternativos presentaron resultados similares a este (gramíneas y desechos de animales), los tratamientos cereales, forrajeras y subproductos de cosecha presentaron resultados diferentes al control y oleaginosas (catalogada como el mejor tratamiento).

Tabla 3. Conversión alimenticia promedio por materia prima alternativa. Tratamientos con letra igual no tienen diferencia significativa, letra diferente entre tratamientos si hay diferencia. D.S: desviación estándar. CV: coeficiente de variación (%).CA: coeficiente de asimetría. C.K: coeficiente kurtosis.

Tratamiento	Ensayos	X	D.S	C.V.	Mín	Máx	Rango	C.A.	C.K.
Cereales	23	3,37c	1,19	35,47 %	2,31	5,83	3,52	1,72	-0,80
Gramíneas	12	2,93b	1,21	41,41 %	2,0	5,5	3,5	2,06	0,55
Forrajeras	28	3,27c	1,34	41,09 %	1,77	6,75	4,98	3,16	1,63
Desechos animales	4	2,92b	0,40	13,81 %	2,37	3,29	0,92	-0,83	0,20
Oleaginosas	12	2,51a	0,19	7,66 %	2,23	2,85	0,62	0,95	-0,28
Sub-productos cosecha	78	3,1c	0,85	27,32 %	1,63	5,7	4,07	4,18	2,46
Control	55	2,95b	0,91	30,71 %	1,93	6,88	4,95	6,68	9,87
Total	212	3,06	0,98	32,14 %	1,63	6,88	5,25	9,53	7,55

Todos los tratamientos incluido el control, difieren de los reportes de Rostagno *et al.* (2011) en los que los cerdos de levante tienen en promedio una conversión alimenticia de 1,84 kg de alimento consumido/kg de peso ganado, y de acuerdo a los promedios encontrados en esta variable los tratamientos forrajeras y cereales son los que mayor conversión presentan, lo que significa menor desempeño productivo. Con respecto a esta observación (Posada *et al.* 2006), reportan una disminución en el desempeño de cerdos en levante al aumentar el porcentaje de inclusión de maní forrajero en la dieta, lo cual puede explicarse por la naturaleza fibrosa de este material, que disminuye la digestibilidad de la materia seca y de la proteína, siendo limitado su uso en la alimentación porcina.

Se obtuvo una p-value de 0,2176 con un 5 % de significancia, concluyendo que no existe diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, se aplicó prueba de Duncan con 0,05 de nivel de significación y se encontró que el tratamiento 5 (oleaginosas) es el que tiene mejor desempeño productivo con respecto a los demás, aunque tiene resultados similares con los tratamientos de gramíneas, control y desechos de animales, terminando la comparación con los tratamientos subproductos de cosecha, forrajeras y cereales (tratamientos de menor desempeño productivo). Similares resultados encontraron Tepper *et al.* (2012), con la inclusión de subproductos de cosecha (raíz de batata) en la ración de cerdos en levante, en las que no se afectó las variables productivas de los animales con respecto al desempeño presentado por el tratamiento control (concentrado comercial).

Estudios realizados por Bermúdez *et al.* (1999), determinaron que en la etapa de levante es difícil encontrar buenas respuestas a niveles altos de sustitución de la proteína proveniente de la torta de soya, resultando interesante la respuesta lograda al sustituir dicha proteína con una fuente como el ensilaje de vísceras de pescado, indicando que existe un buen balance de aminoácidos en el producto utilizado, similar a la eficiencia del concentrado comercial, concordando con lo encontrado en este estudio al determinar el promedio de consumo y ganancia de peso de este tipo de materias primas. Al contrario, el tratamiento con subproductos de cosecha, aunque son los más utilizados por los investigadores en las diferentes publicaciones y el cuarto en mayor consumo, en la variable ganancia de peso es el segundo tratamiento con menor ganancia después de los desechos de animales. El tratamiento 5 (oleaginosas) presenta el menor promedio de conversión alimenticia por parte de los cerdos evaluados, debido, a la calidad biológica de sus proteínas, y excelente fuente energética que permiten obtener mayor digestibilidad de los nutrientes, y aunque su consumo no es muy bajo se asemeja al encontrado para el tratamiento control, diferente a lo que sucede con la ganancia de peso, ya que, según los promedios encontrados es el tratamiento que mayor ganancia presenta por encima del tratamiento control.

Los resultados de desechos de animales, concuerdan con los mostrados por Bermúdez *et al.* (1999), en los que reportaron igual eficiencia productiva en levante de cerdos alimentados con vísceras de pescado al compararlo con raciones de torta de soya y concentrados comerciales, debido al excelente balance

de aminoácidos. Mediante los resultados de conversión alimenticia se puede aceptar la hipótesis nula del meta-análisis, al no encontrar diferencia en el desempeño productivo de los cerdos evaluados entre los tratamientos de materias primas alternativas comparadas con el tratamiento testigo (concentrado comercial).

### Conclusiones

No importa el origen de las investigaciones o estudios, lo que llama la atención de los autores es el costo de la revista, amplia política de publicación y cobertura, la calidad y visibilidad internacional que tenga esta; siendo la Revista *Livestock Research for Rural Development* la más apetecida por los investigadores para publicar en revistas indexadas.

Se encontraron seis tipos de materias primas alternativas con las que fueron alimentados los cerdos en levante, como: Cereales (13 %), gramíneas (5 %), forrajeras (14 %), desechos de animales (2 %), oleaginosas (6 %), subproductos de cosecha (51 %), destacando este último por la facilidad que tienen los productores de conseguir este tipo de materias primas por encontrarlos en sus sistemas productivos. El 9 % restante corresponde a estudios que combinaron diferentes tipos de alimentos en los ensayos. El subproducto de cosecha más utilizado es la Yuca con un 16 % (harina, follaje, raíz), el cereal más utilizado es el subproducto de arroz con un 36 %, los desechos de animales utilizan las vísceras de pescado ensiladas para suministrar a los animales.

La eficiencia productiva en un 51 % de los estudios analizados resultó igual al compararla con tratamientos testigos (concentrados comerciales). Correspondiendo el 57 % de los estudios a subproductos de cosecha, que, aunque tiene mayor consumo y mayor indicador en conversión alimenticia, los investigadores la utilizan por su disponibilidad en los sistemas productivos.

El 69 % de los estudios reportó igual consumo de raciones (comparadas con tratamiento testigo), de las cuales el 47 % habían utilizado subproductos de cosecha, el 16 % cereales y el 13 % forrajeras. Realizando el análisis inferencial se encontró que son las de mayor consumo, pero no las de mejor desempeño productivo en cerdos de levante. Los desechos de animales tienen menor consumo, menor ganancia de peso y presentan conversión alimenticia similar al tratamiento control, sin embargo, según la reglamentación internacional este tipo de materias primas no debe ser usada en alimentación animal por el riesgo de intoxicaciones alimentarias.

En cuanto a ganancia de peso, el 57 % de los artículos mostraban igualdad en ganancia al comparar los tratamientos experimentales con testigos o control, de los cuales el 53 % correspondían a subproductos de cosechas, 15 % cereales, 13 % a forrajeras, 4 % a gramíneas, encontrándose que los subproductos de cosecha son las materias primas que más utilizan los investigadores en países tropicales, aunque no presentan una mejor eficiencia productiva.

Las oleaginosas son las materias primas que mejor desempeño productivo tienen, destacando su excelente nivel energético apropiado para la etapa evaluada, con respecto al control. El 66 % de los estudios reportaron una conversión alimenticia igual al comparar las dietas experimentales con testigos o concentrados comerciales, de las que el 51 % equivalen a subproductos de cosecha, aunque siendo la más usada no es la de mejor desempeño. La mayor y menor conversión alimenticia se encontró en un 8 % y 24 % de los estudios analizados (respectivamente). En todos los ensayos la mayor cantidad de materias primas utilizadas son los subproductos de cosecha con un promedio de 54 % de utilización.

Con los resultados encontrados y al comprobar hipótesis planteada para el metaanálisis se concluye que se rechaza la hipótesis nula en las variables consumo y ganancia de peso; por el contrario en la conversión alimenticia se acepta la hipótesis nula, que las materias primas alternativas presentan igual desempeño productivo en cerdos de levante al ser comparadas con concentrados comerciales y se hace necesario a partir de éstos, realizar nuevos estudios que comparen la eficiencia con los costos productivos del sistema.

### Recomendaciones

Analizar los costos productivos de las materias primas en la alimentación de cerdos en levante para determinar su eficiencia económica de acuerdo al desempeño productivo presentado por los animales por medio de un metaanálisis.

Evaluar los tipos de materias primas encontrados en este meta análisis para la alimentación de cerdos en finalización

### Referencias

Acurero, G., Alvarado, L., Álvarez, R., Pérez, S., Capó E. y Garbati S. 1993. Efectos bio-económicos de la sustitución parcial de los cereales por harina de batata en raciones para cerdos en crecimiento. *Zootecnia Tropical* 11(2): 117-128.

Adesehinwa, A. 2009. Palm kernel cake supplemented with

- cassava flour waste as energy source for pigs. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4(4): 479-484. Doi: <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i4a18>.
- Agudelo, J. 2009. Alternative feedstuffs for swine in Colombia: what are our options?. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 22(3): 278-286.
- Akinfala, E. y Tewe, O. 2001. Utilisation of whole cassava plant in the diets of growing pigs in the tropics. *Livestock Research for Rural Development* 13(5).
- Akinfala, E. y Tewe, O. 2004. Supplemental effects of feed additives on the utilization of whole cassava plant by growing pigs in the tropics. *Livestock Research for Rural Development* 16(10).
- Almaguel, R., Cruz, E., Piloto, J., Mederos, C. y Castillo, A. 2007. Granos secos de destilerías con solubles obtenidos a partir del maíz en la alimentación de los cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 14(3).
- Alves, M., Furlan, A., Moreira, I., Paiano, D., Cabreira, C. y Grigoletto, L. 2006. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(3): 830-839.
- Arroyo, C. y Murillo, M. 2000. Utilización del pejibaye (*Bactris gasipaes*) en la alimentación animal. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1): 145-168.
- Bastos, A., Landell-Filho, L., Passipieri, M. y Pereira, J. 2002. Diferentes Níveis de Grão de Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) na Alimentação de Suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31(4): 1753-1760. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700018>.
- Bastos, A., Moreira, I., Furlan, A., De Oliveira, G., Fraga, A. y Sartori, I. 2006. Efeitos da inclusão de níveis crescentes de milheto (*Pennisetum Glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(1): 98-103. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000100012>.
- Becerra, M., Murgueitio, E., Reyes, G y Preston, T. 1990. Azolla filiculoides as partial replacement for traditional protein supplements in diets for growing-fattening pigs based on sugar cane juice. *Livestock Research for Rural Development* 2(2).
- Bermúdez, J., Rodríguez, J., Ocampo, A. y Peñuela, L. 1999. Ensilaje de vísceras de pescado Cachama blanca (*Piaractus brachyponum*) como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde en una dieta con aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis* - *Elaeis oleifera*). *Livestock Research for Rural Development* 11(2).
- Cardona, M., Posada, S., Carmona, J., Ayala, S., Taborda, E. y Restrepo L. 2002. Evaluación de la respuesta productiva y económica de cerdos mestizos en las etapas de levante y ceba utilizando cuatro niveles de harina de yuca (*Mannihot utilissima*). *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* 15(2): 207-212.
- Casarín, A., Bravo, F., De Uriarte, L. y Shimada, A. 1976. Empleo del garbanzo (*Cicer arietinum*) como única fuente. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* (31): 27-31.
- Castro, M., Díaz, J., Castañeda, J., Báez, L., Díaz, M., Ly J., Díaz, C, Cabrera, J. y Cino D. 2002. Una alternativa nacional como fuente de proteína para cerdos en crecimiento: *Vigna unguiculata* vc. INIFAT-93. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36(4): 347-350.
- Contino, Y. 2006. Potencial y utilización de los árboles tropicales como fuentes de forraje para cerdos. Factores agronómicos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 13 (suplemento 1): 11-14.
- Contino, Y., Ojeda, F., Herrera, R., Altunaga, N., Pérez, G. y Moliner, J. 2008. Comportamiento productivo de cerdos en ceba alimentados con follaje fresco de *Morus alba* como sustituto parcial del concentrado. REDVET: *Revista Electrónica de Veterinaria* 9(8): 1-9.
- Da Costa, J., Marques, M., Ludke, J., Bertol, T. y Moreira, W. 2008. Desempenho bio-econômico de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações contendo farelo de coco. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(11): 1996-2002. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100015>.
- Da Silva, C., Pinheiro, J., Fonseca, N., Cabrera, L., Cunha, N., Alves, M., Civoney, R. y Alves, M. 2002. Farelo de girassol na alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade, desempenho e efeitos na qualidade de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31(2): 982-990. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400022>.
- De Oliveira, P., Moreira, I., Furlan, A., Paiano, D., Piano, L. y Peñuela, L. 2011. Sticky coffee hull silage on the feeding of growing and finishing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40(2): 343-351. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200016>.
- Degen, L. 2010. Dietary influence of fiber on the energy and

- amino acid digestibility and its consequences for diet formulation in growing pigs. Tesis de doctorado Universidad de Kaspovár, Kaposvár, Hungría.
- Dugan, M., Aalhus, J., Lien, K., Schaefer, L. y Kramer, J. 2001. Effects of feeding different levels of conjugated linoleic acid and total oil to pigs on live animal performance and carcass composition. *Canadian Journal of Animal Science* 81(4): 505-510. Doi: <https://doi.org/10.4141/A00-101>.
- Escobar, J., Macías, M., Castillo, R. y Vélez, M. 2006. Evaluación del Uso de Melaza en Dietas Para Cerdos en Crecimiento y Engorde. *Ceiba* 47(1-2): 3-9. Doi: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v47i1-2.441>.
- Fanimó, A., Oduguwa, B., Oduguwa, O., Ajasa, O. y Jegede, O. 2004. Feeding value of shrimp meal for growing pigs. *Archivos de Zootecnia* 53: 77-85.
- Furlan, A., Mikami, F., Moreira, I., Scapinello, C. y Murakami, A. 1999. Uso do triticale (*Triticum turgidosecale*) na alimentação de suínos em crescimento (25-60 Kg). *Revista Brasileira de Zootecnia* 28(5): 1042-1049. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000500020>.
- García, A., Duarte, F. y Magaña, A. 1991. Crecimiento y finalización de cerdos con diferentes niveles de vinaza. *Livestock Research for Rural Development* 3(1).
- Garduño, H., Bárcena, P., Martínez, G., Pérez-Gil, R. y Sanginés, G. 2004. Comportamiento productivo en cerdos alimentados con diferentes niveles de *Lemna gibba*. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 11(Suplemento 1).
- González, J., Mederos, C., Piloto, J., Cabrera, Y., Martínez, R., Martínez, V., García, G. y González, G. 1999. Comportamiento de cerdos en crecimiento ceba alimentados con desperdicios procesados. Resultados de tres años en un centro integral de 10 reproductoras. *Revista computadorizada de producción porcina* 6(2): 38-45.
- González, C., Díaz, I., León, M., Ly, J., Vecchionacce, H. y Bianco, A. 2003. Rasgos de comportamiento y canal en cerdos alimentados con harina de raíz de batata (*Ipomoea batatas* L.). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 37(4): 421-425.
- González, C., Díaz, I., Vecchionacce, H. y Ly, J. 2003. Performance traits of pigs fed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) foliage ad libitum and graded levels of protein. *Livestock Research for Rural Development* 15(9): 25-34.
- González, D., González, C., Ojeda, A., Machado, W. y Ly, J. 2006. Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento alimentados con jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y harina de follaje de morera (*Morus alba*). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14(2): 42-48.
- Halimani, T., Ndlovu, L., Dzama, K., Chimonyo, M. y Miller, B. 2007. Growth performance of pigs fed on diets containing *Acacia karroo*, *Acacia nilotica* and *Colophospermum mopane* leaf meals. *Livestock Research for Rural Development* 19(12).
- Hurtado, V., Nobre, R. y Chiquieri, J. 2011a. Rendimiento de cerdos alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Revista MVZ Córdoba* 16(1): 2372-2380. Doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.296>.
- Hurtado, V., Nobre, R. y Chiquieri, J. 2011a. Niveis de lisina para suínos dos 25 aos 45 kg alimentados com rações contendo subprodutos de arroz. *Zootecnia Tropical* 29(2): 205-211.
- Ibarra, L. 1988. Uso de métodos estadísticos en publicaciones científicas: evaluación de la tesis de pregrado de la carrera Medicina Veterinaria de la Universidad de Chile, Santiago de Chile, Universidad Santiago de Chile.
- Jensen, C. 2002. A meta-analysis comparing the effect of vaccines against *Mycoplasma hyopneumoniae* on daily weight gain in pigs. *Preventive Veterinary medicine* 54: 265-278. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(02\)00005-3](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(02)00005-3).
- Keoboualapheth, C. y Mikled, C. 2003. Growth performance of indigenous pigs fed with *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 as replacement for rice bran. *Livestock Research for Rural Development* 15(9).
- Leiva, L. y López, J. 2012. Uso de subproductos y fisiología nutricional en cerdos en crecimiento-ceba. *Revista computadorizada de producción porcina* 19(2).
- Leiva, L. y López, J. 2006. Empleo del follaje arboreo en la alimentación porcina. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 13 (suplemento 1): 15-20.
- Aminot, A. y Rey, F. 2000. *Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods. International Council for the Exploration of the Sea* 112. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, Copenhagen.
- Andersen, P. y Throndsen, J. 2004. Estimating cell numbers. En: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D. y Enevoldsen, H.O. Editores. *Manual on harmful marine microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology*, Unesco, París.

- Baselga, A., Orme, D., Villegger, S., De Bortoli, J., Leprieur, F. y Logez, M. 2021. betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. R package version 1.5.4. [\\_URL: https://CRAN.R-project.org/package=betapart](https://CRAN.R-project.org/package=betapart). Consultado: 15 de abril de 2021.
- Bellinger, E. y Sigeo, D. 2015. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Second Edición. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Bicudo, C. y Menezes, M. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições*. 2.a Edición. Rima Editora, São Carlos.
- Borcard, D., Gillet, F. y Legendre, P. 2018. *Numerical ecology with R*. Springer. Nueva York.
- Canosa, A. y Pinilla, G. 2007. Relaciones entre las abundancias del bacterioplancton y del fitoplancton en tres ecosistemas lénticos de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical* 55(1): 135-46. <https://doi.org/10.15517/rbt.v55i1.6064>.
- Caraballo-García, P.R., Forsberg, B.R. y Leite, R.G. 2012. Papel trófico del microbial loop en un lago de inundación en la Amazonía Central. *Acta Biológica Colombiana* 17(1): 103-16.
- Carreto, J.I., Carignan, M.O., Montoya, N.G. y Cucchi Colleoni, A. D. 2007. Ecología del fitoplancton en los sistemas frontales del Mar Argentino. *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros* 5: 11-31.
- Catalan, J. y Donato, J. 2016. Perspectives for an integrated understanding of tropical and temperate high-mountain lakes. *Journal of Limnology* 75(s1): 215-34. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2016.1372>.
- Coveney, M. F. 1982. Bacterial Uptake of Photosynthetic Carbon from Freshwater Phytoplankton. *Oikos* 38(1): 8-20. <https://doi.org/10.2307/3544562>.
- De León, L. y Chalar, G. 2003. Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina-Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. *Limnetica* 22(1-2): 103-13. <https://doi.org/10.23818/limn.22.07>.
- De los Ríos, P., Soto, D. y Mansilla, A. 2010. Comunidades zooplanctónicas en lagos del Parque Nacional Torres del Paine: un nuevo enfoque de análisis de factores reguladores de su estructura comunitaria. *Anales del Instituto de la Patagonia* 38(1): 111-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2010000100008>.
- Del Giorgio, P.A. y Peters, R.H. 1994. Patterns in planktonic P:R ratios in lakes: influence of lake trophy and dissolved organic carbon. *Limnology and Oceanography* 39(4): 772-87. <https://doi.org/10.4319/lo.1994.39.4.0772>.
- Dodson, S.I., Arnott, S.E. y Cottingham, K.L. 2000. The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology* 81(10): 2662-79. [https://doi.org/10.1890/0012658\(2000\)081\[2662:TRILCB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012658(2000)081[2662:TRILCB]2.0.CO;2).
- Donato, J. 1998. Los sistemas acuáticos de Colombia: síntesis y revisión. En: Guerrero, E., Editor. *Una aproximación a los humedales en Colombia*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)-Fondo FEN Colombia: Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis", Bogotá D.C.
- Donato-Rondón, J. 2001. *Fitoplancton de los lagos Andinos del norte de Sudamérica (Colombia)*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)-Fondo FEN Colombia: Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis", Bogotá D.C.
- Donato, J., González, L. E. y Rodríguez, C. 1996. *Ecología de dos sistemas acuáticos de páramo*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Bogotá D.C.
- Dorador, C., Pardo, R., y Vila, I. 2003. Variaciones temporales de parámetros físicos, químicos y biológicos de un lago de altura: el caso del lago Chungará. *Revista Chilena de Historia Natural* 76(1): 15-22. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000100002>.
- Duque, S. y Donato, J. 1992. Biología y ecología del fitoplancton de las aguas dulces en Colombia. *Cuadernos divulgativos* 35: 1-21.
- Edler, L. 1979. Recommendations on methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and Chlorophyll. *Baltic Marine Biologists Publication* 5: 38.
- Escribano, R. y Castro, L. 2004. Plancton y productividad. *Biología Marina y Oceanografía. Conceptos y Procesos* 1: 289-312.
- Esteves, F. D. A. 2011. *Fundamentos de limnología*. 3.a Edición. Editorial Interciencia, Medellín.
- Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms Controlling World Water Chemistry. *Science* 170(3962): 1088-90. <https://doi.org/10.1126/science.170.3962.1088>



- González, E.J., Ortaz, M., Peñaherrera, C., Montes, E., Matos, M. L. y Mendoza, J. 2003. Fitoplancton de cinco embalses de Venezuela con diferentes estados tróficos. *Limnetica* 22(1-2): 15-35.
- Guzmán, D., Ruiz, J.F. y Cadena, M. 2014. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través análisis de componentes principales (ACP). Informe Técnico. IDEAM, Bogotá D. C.
- Heemskerk, M., Wilson, K. y Pavao-Zuckerman, M. 2003. Conceptual Models as Tools for Communication Across Disciplines. *Conservation Ecology* 7(3): 8. <https://doi.org/10.5751/ES-00554-070308/>.
- Henriquez Ramírez, J.A. 2018. Actividad antioxidante de las microalgas *Chlamydomonas* sp. y *Pediastrum* sp. como respuesta a la radiación UV y altitud de origen. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Hernández, E., Aguirre, N., Palacio, J., Ramírez, J.J., Duque, S.R., Guisande, C., Aranguren, N. y Mogollón, M. 2013. Evaluación comparativa de algunas características limnológicas de seis ambientes leníticos de Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* (69): 216-28.
- Hernández-Camacho, J., Hurtado, A., Ortiz, R. y Walschburger, T. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. En: Halffter, G., Editor. *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H. y Chao, A. 2016. iNEXT Interpolation and Extrapolation for Species Diversity: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*. URL: <https://cran.rproject.org/web/packages/iNEXT/index.html>. Consultado: 15 de abril de 2021.
- Jacobsen, D. y Dangles, O. 2017. *Ecology of high altitude waters*. Oxford University Press, Oxford.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2): 363-75. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Korhonen, J. J., Wang, J. y Soininen, J. 2011. Productivity-Diversity Relationships in Lake Plankton Communities. *PloS ONE* 6(8): e22041. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.002204>.
- Körner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution* 22(11): 569-74. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>.
- Kuczynska, P., Jemiola-Rzeminska, M. y Strzalka, K. 2015. Photosynthetic Pigments in Diatoms. *Marine drugs* 13(9): 5847-81. <https://doi.org/10.3390/md13095847>.
- Legendre, P. y Legendre, L. 2012. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam.
- Lewis Jr., W. y Riehl, W. 1982. Phytoplankton composition and morphology in Lake Valencia, Venezuela. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 67: 297-322.
- Lomolino, M. V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10(1): 3-13. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2001.00229.x>.
- López, F. y Siqueiros, B. 2011. Las diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur, México. *Biodiversitas* 99: 8-11.
- Machado, K. B., Teresa, F. B., Vieira, L. C., Huszar, V. L. y Nabout, J. C. 2016. Comparing the effects of landscape and local environmental variables on taxonomic and functional composition of phytoplankton communities. *Journal of Plankton Research* 38(5): 1334-46. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbw062>.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega, H., Encalada, A. C., Carvajal-Vallejos, F. M., Rivadeneira, J. F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, A. y Rivera-Rondón, C. A. 2011. Biodiversity in aquatic systems of the Tropical Andes. En: Herzog, S., Martinez, R., Jorgensen, P. y Tiessen, H., Editores. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Montevideo.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Editorial Omega S. A., Barcelona.
- McCune, B., Grace, J.B. and Urban, D.L. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MJM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- Montoya, Y. y Aguirre, N. 2009. Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (Ciénagas) en Colombia. *Gestión y Ambiente* 12(3): 85-106. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25323>.
- Moore, J. C., Berlow, E. L., Coleman, D. C., De Ruiter, P. C., Dong, Q., Hastings, A., Collins Johnson, N., McCann, K. S., Melville, K.,



- Morin, P. J., Nadelhoffer, K., Rosemond, A.D., Post, D.M., Sabo, J. L., Scow, K.M., Vanni, M.J. y Wall, D.H. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters* 7(7): 584-600. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00606.x>
- Morales, E., Luna, V., Navarro, L., Santana, V., Gordillo, A. y Arévalo, A. 2013. Diversidad de microalgas y cianobacterias en muestras provenientes de diferentes provincias del Ecuador, destinadas a una colección de cultivos. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 34(1-2): 129-4. <https://doi.org/10.26807/remcb.v34i1-2.240>.
- Muñoz-López, C.L., Aranguren-Riaño, N.J. y Duque, S.R. 2017. Functional morphology of phytoplankton in a tropical high mountain lake: Tota Lake (Boyacá-Colombia). *Revista de Biología Tropical* 65(2): 669-83. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i2.23903>.
- Narváez-Bravo, G. y León-Aristizábal, G. 2001. Caracterización y zonificación climática de la región andina. *Meteorología Colombiana* 4: 121-6.
- Odum, E. 1972. *Ecología*. Interamericana, México D. F.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M.H., Szoecs, E. y Wagner, H. 2020. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Consultado: 15 de abril de 2021.
- Onandia Bieco, G. 2015. Ciclo del carbono y modelización biogeoquímica de un lago somero hipertrófico: la Albufera de Valencia. Tesis de Doctorado, Universidad de Valencia, Valencia, España.
- Ortega-Mayagoitia, E. y Rojo, C. 2000. Fitoplancton del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. III. Diatomeas y clorofitas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 58(1): 17-38.
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V., Rivera P. y Orellana P. 1982. Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales. Vol. I Cyanophyceae y Vol. II. Chrysophyceae. Universidad de Concepción, Concepción.
- Patrick, R. 1977. Ecology of freshwater diatoms and diatom community. En: Dietrich, W., Editor. *The Biology of Diatoms*. Blackwell Scientific Publications, Londres.
- Pedroza-Ramos, A. 2021. Análisis de la importancia del carbono orgánico disuelto en lagos andinos tropicales. Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia.
- Peinador, M. 1999. Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica. *Revista de Biología Tropical* 47(3): 381-91.
- Peraza Escarrá, R. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis de Maestría, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Potter, B.B y Wimsatt, J.C. 2005. Método 415.3. Medición de carbono orgánico total, carbono orgánico disuelto y absorbancia UV específica a 254 nm en agua de origen y agua potable. Inventario científico.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>. Consultado: 15 de abril de 2021.
- Ramírez, J. 2000. *Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios*. Editorial Universidad de Antioquia, Bogotá D. C.
- Rejas, D., Muylaert, K. y De Meester, L. 2005. Trophic interactions within the microbial food web in a tropical floodplain lake (Laguna Bufeos, Bolivia). *Revista de Biología Tropical* 53(1-2): 85-96.
- Reynolds, C.S. 1997. *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Ecology. Institute, Oldendorf.
- Reynolds, C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ricaurte, L.F., Patiño, J.E., Restrepo, D.F., Arias-G, J.C., Acevedo, O., Aponte, C., Medina, R., González, M., Rojas, S., Flórez, C., Estupiñán-Suárez, L. M., Jaramillo, Ú., Santos, A.C., Lasso, C.A., Duque Nivia, A.A., Restrepo, C.S., Vélez, J. I., Caballero Acosta, J. H., Duque, S. R., Núñez-Avellaneda, M., Correa, I.D., Rodríguez-Rodríguez, J.A., Vilarly, Q.S.P., Prieto-C, A., Rudas-LI, A., Cleef, A.M., Finlayson, C.M. y Junk, W. J. 2019. A Classification System for Colombian Wetlands: an Essential Step Forward in Open Environmental Policy-Making. *Wetlands* 39(5): 971-90. <https://doi.org/10.1007/s13157-019-01149-8>.
- Richerson, P. J., Neale, P. J., Wurtsbaugh, W., Alfaro, T. R. y Vincent, W. 1986. Patterns of temporal variation in Lake Titicaca. A high altitude tropical lake. I. Background, physical and chemical processes, and primary production. *Hydrobiologia* 138(1): 205-20. <https://doi.org/10.1007/BF00027241>.
- Rivas Navarrete, K.P. 1999. Importancia ecológica de la

- comunidad algal en el Lago Cocibolca. En: IX Congreso Científico UNAN-Managua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Roldán Pérez, G. y Ramírez Restrepo, J.J. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- Salas, H.J. y Martino, P. 1990. *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima.
- Schwoerbel, J. 1975. *Métodos de hidrobiología*. Blume, Madrid.
- SigmaPlot Version 12.3 2013. Systat Software, Inc., San Jose, California. URL: <http://www.sigmaplot.co.uk/products/sigmaplot/produpdates/prod-updates18.php>. Consultado: 15 de abril de 2021.
- Steinman, A.D., Lamberti, G.A., Leavitt, P.R. y Uzarski, D.G. 2017. *Biomass and pigments of benthic algae. Methods in Stream Ecology*. Academia Press, Ghent.
- Streble, H. y Krauter, D. 1987. *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua*. Editorial Omega, Madrid.
- Sundqvist, M.K., Sanders, N.J. y Wardle, D.A. 2013. Community and Ecosystem Responses to Elevational Gradients: Processes, Mechanisms, and Insights for Global Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 44: 261-80. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135750>.
- Talling, J.F. 2009. Electrical Conductance – A Versatile Guide in Freshwater Science. *Freshwater Reviews* 2(1): 65-78. <https://doi.org/10.1608/FRJ-2.1.4>.
- Ter Braak, C. J. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology* 67(5): 1167-79. <https://doi.org/10.2307/1938672>.
- Toro Castaño, D. R., Jaramillo Salazar, M. T., Ocampo Serna, D. M., Correa, R. M. y Salgado, P. A. 2012. Estudio limnológico de la laguna negra. Zona amortiguadora del PNN Los Nevados. *Boletín Científico, Centro de Museos: Museo de Historia Natural* 16(2): 23-38.
- Torres-Bejarano, A.M., Duque, S.R. y Caraballo, P. 2014. Papel trófico del zooplancton a través del análisis de isótopos estables en un lago de inundación en la amazonia colombiana: The trophic role of zooplankton in a floodplain lake of Colombian amazon, through stable isotopes analysis. *Caldasia* 36(2): 331-44. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v36n2.47488>.
- Trudnowska, E., Sagan, S. y Błachowiak-Samołyk, K. 2018. Spatial variability and size structure of particles and plankton in the Fram Strait. *Progress in Oceanography* 168: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.09.005>.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen* 9(1): 1-38. <https://doi.org/10.1080/05384680.1958.11904091>.
- Valdivia Huanca, J.C. 2019. Determinación del estado ecológico de la cuenca baja del Río Tambo; mediante bioindicadores biológicos Bacillariophyta (Diatomeas). Durante las épocas de estiaje 2018 y creciente del 2019. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Wetzel, R. G. 1984. Detrital dissolved and particulate organic carbon functions in aquatic ecosystems. *Bulletin of Marine Science* 35(3): 503-9.
- Wetzel, R.G. y Likens, G.E. 2013. *Limnological Analyses*. Springer Science & Business Media, New York.
- Williamson, C. E., Morris, D. P., Pace, M. L. y Olson, O. G. 1999. Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lake ecosystems: Resurrection of a more integrated paradigm. *Limnology and Oceanography* 44(3part2): 795-803. [https://doi.org/10.4319/lo.1999.44.3\\_part\\_2.0795](https://doi.org/10.4319/lo.1999.44.3_part_2.0795).