

Sostenibilidad energética en el manejo agroecológico de sistemas lecheros en Cuba

Energy sustainability in the agroecological management of dairy systems in Cuba

Ing. Jenifer Alvarez Lima, Dr.C. Yanoy Morejón Mesa, DrC. Pedro Pablo del Pozo Rodríguez

Facultad de Agronomía
Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez”

Autores para correspondencia: jenifer93@unah.edu.cu, yym@unah.edu.cu,
pedro.delpozorodriguez@fao.org

Resumen

Los impactos ambientales provocados por la combustión indiscriminada de fósiles y el uso ineficiente de los recursos renovables disponibles, se proyectan en la actualidad en desequilibrios ecosistémicos y socioeconómicos que repercuten en el cambio climático global. Los procesos asociados a la producción agropecuaria demandan una elevada gama de materiales y servicios, los cuales implican gastos energéticos. Mayores tasas de renovabilidad de los recursos utilizados, significan niveles de sostenibilidad proporcionales. En la ganadería lechera, por tratarse de consumidores primarios, la obtención del producto de interés agrícola, requiere largos ciclos en la circulación de materiales y numerosas conversiones energéticas, que reducen gradualmente la disponibilidad. Además, tiene una importante responsabilidad en las emisiones de gases invernadero generados por la fermentación ruminal y las deyecciones que resultan superiores cuando la base alimentaria es a partir de concentrados. Los modelos convencionales enfocan sus rutinas en el logro de altas productividades y para ello procuran asegurar la alimentación con piensos agroindustriales, dependen en gran medida de subproductos externos, utilizan sistemas de riego y maquinaria agrícola pesada de alto consumo calórico, entre otras que involucran considerables costos económicos y energéticos, que comprometen la sostenibilidad de la producción y consecuentemente, la seguridad alimentaria de las personas. En Cuba, establecer sistemas lecheros sostenibles sobre bases agroecológicas constituye un desafío urgente ante el deterioro productivo y tecnológico que presentan los predios. Esta monografía fundamenta la importancia de manejar de forma eficiente la energía en la producción pecuaria para garantizar la sostenibilidad bajo las condiciones actuales de la lechería cubana.

Palabras clave: recursos renovables, energía, sostenibilidad, leche, seguridad alimentaria.

Abstract

Environmental impacts caused by the indiscriminate combustion of fossils and the inefficient use of the available renewable resources, are projected at the actuality in ecosystems disequilibrium and socioeconomic that rebound in the global climatic change. The associates processes to the agricultural production demand a high range of materials and services, which imply energy spendies. Bigger renewability rates of the used resources, mean levels of proportional sustainability. In the dairy farming, for being primary consumers, the obtaining of the agricultural interest product, requires long cycles in the materials circulation and numerous energy conversions, that reduce the readiness gradually. Also, it has an important responsibility in the hothous gases emissions generated by the ruminal fermentation and the dejections that are superior when the alimentary base is from concentrates. Conventional models focus their routines in the achievement of high productivities and for that they seek to secure the feeding with agroindustrial fodders, they depend in great measure of external by-products, they use watering systems and heavy agricultural machinery of high caloric consumption, among others that involve considerable economic and energy costs, that commit the production sustainability and consequently, the alimentary security of people. In Cuba, to establish sustentability milkmen systems on agroecology bases constitutes an urgent challenge before the productive and technological deterioration that present the grounds. This monograph bases the importance of managing the energy in an efficient way in the cattle production to guarantee the sustainability low the current conditions of the Cuban dairy.

Key words: renewable resources, energy, sustainability, milk, alimentary security.

Recibido: 10 de septiembre de 2020

Aprobado:3 de octubre de 2020

Introducción

Los sistemas de producción post Revolución Verde se hicieron más dependientes de insumos externos como fertilizantes, agroquímicos y combustibles, que consumen energía fósil para su producción. El uso ineficiente de la energía puede resultar en impacto ambiental. Minimizar el consumo de energía fósil es un objetivo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático global. Aumentar la eficiencia energética y diversificar la matriz energética con fuentes no fósiles son objetivos de las políticas energéticas a nivel mundial (Llanos *et al.*, 2013).

El acelerado crecimiento demográfico que induce la demanda creciente de alimentos, hace que se mantenga la tendencia a producir bajo un modelo convencional que logre alta productividad a cualquier costo ambiental, social y económico; aunque de este último, en muchas ocasiones no se es consciente. De acuerdo con (Jiménez y Casanovas, 2014), el apreciado valor nutritivo de la

Introduction

Post Green Revolution production systems became more dependent on external inputs such as fertilizers, agrochemicals and fuels, which consume fossil energy for their production. Inefficient use of energy can result in environmental impact. Minimizing the consumption of fossil energy is a goal to reduce greenhouse gas emissions and mitigate global climate change. Increasing energy efficiency and diversifying the energy matrix with non-fossil sources are objectives of energy policies worldwide (Llanos *et al.*, 2013).

The accelerated demographic growth that induces the growing demand for food, keeps the tendency to produce under a conventional model that achieves high productivity at any environmental, social and economic cost; although of the latter, on many occasions one is not aware. According to (Jiménez and Casanovas, 2014), the appreciated nutritional value of

leche y su importancia sobre todo para la ración de niños, ancianos y enfermos ha repercutido en que durante decenios, la producción ganadera haya estado orientada hacia la obtención de leche con calidad para el consumo interno diario, como leche fresca, pasteurizada y en forma de derivados lácteos. La mayor eficiencia y la manera más rápida y económica de convertir el ganado bovino, los pastos y otros alimentos fibrosos en proteína animal, es a través de la leche.

El sector ganadero y en especial, los rumiantes se consideran como uno de los más importantes contribuyentes a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), con 18 % de emisiones netas globales, sobre todo de los principales gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), generados por la fermentación ruminal y las deyecciones de los animales. Se ha constatado que mientras mayor sea el suministro de alimento concentrado, mayor será la producción de GEI, así como también los gastos energéticos (Guevara *et al.*, 2013).

El uso irracional de la energía es un tema muy ligado al cambio climático y a la acumulación de GEI. La energía consumida en los sistemas agropecuarios proviene del trabajo humano y animal, de la materia orgánica, los insumos industriales y del sol. Parte de esta se transforma en producto, y el resto se pierde en el proceso (Funes-Monzote, 2009). En la medida que se logra mayor eficiencia en el manejo de los recursos agropecuarios, la pérdida energética disminuye debido a que se reducen las transformaciones energéticas necesarias para obtener el producto final.

Las teorías generales de los sistemas plantean que el uso integral de la energía es el éxito de los sistemas de producción; cuando esta se utiliza eficientemente, reciclando, reutilizando y evitando al máximo la subsidiaridad energética, se puede hablar de sostenibilidad. En una escala de producción pecuaria cuando un productor subsidia energéticamente el sistema este se ve presionado en muchos niveles, afectando la sustentabilidad, pero adicionalmente puede afectar la salida energética de residuos cuando estos no son reincorporados y pueden por mal manejo convertirse en focos de contaminación (Gallego, 2019).

La energía aprovechada desde el interior de la finca, está valorada como producción energética, dígame además de la producción agropecuaria, la mano de obra familiar, el trabajo animal, la producción de abonos orgánicos, el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía

milk and its importance above all for the ration of children, the elderly and the sick, has resulted in the fact that for decades, livestock production has been oriented towards obtaining milk with quality for daily internal consumption, such as fresh, pasteurized milk and in the form of dairy products.

The highest efficiency and fastest and cheapest way to convert cattle, pastures, and other fibrous feeds into animal protein is through milk.

The livestock sector and especially ruminants are considered one of the most important contributors to the emission of greenhouse gases (GHG), with 18% of global net emissions, especially of the main gases: carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), generated by ruminal fermentation and animal manure. It has been found that the greater the supply of concentrated food, the greater the GHG production, as well as the energy costs (Guevara *et al.*, 2013).

The irrational use of energy is an issue closely linked to climate change and the accumulation of GHG. The energy consumed in agricultural systems comes from human and animal work, organic matter, industrial inputs and the sun. Part of this is transformed into a product, and the rest is lost in the process (Funes-Monzote, 2009). To the extent that greater efficiency is achieved in the management of agricultural resources, the energy loss decreases due to the reduction of the energy transformations necessary to obtain the final product.

The general theories of the systems state that the integral use of energy is the success of the production systems; when it is used efficiently, recycling, reusing and avoiding energy subsidiarity as much as possible, one can speak of sustainability. On a scale of livestock production, when a producer subsidizes energy, the system is pressured at many levels, affecting sustainability, but it can additionally affect the energy output of waste when it is not reincorporated and, due to poor management, it can become sources of contamination (Gallego, 2019).

The energy used from inside the farm is valued as energy production, in addition to agricultural

con tecnologías apropiadas (Casimiro, 2016). La biomasa, por ejemplo, es una fuente potencial de energía renovable dentro de los sistemas que genera fuentes de energía alternas y biocombustibles que reemplazan la dependencia de combustibles fósiles, disminuye las consecuencias adversas para la naturaleza y se puede aprovechar en la elaboración de productos alternos (Hernández, 2019).

La sostenibilidad energética de la ganadería está condicionada por la capacidad que tengan los predios de restablecer los flujos energéticos a partir de fuentes internas, la resiliencia ante la ausencia de las fuentes de que dispone y la habilidad de los ganaderos para potenciar que los ciclos de los materiales sean completados.

Los herbívoros se encuentran en el segundo eslabón de la cadena alimenticia, por tanto, la energía invertida en la producción de leche es superior a la de los sistemas agrícolas, ya que la producción de alimento animal también implica gasto calórico. Si a ello se le agrega la ineficiencia energética de los modelos convencionales que prevalecen en Cuba, es comprensible que según (Acosta *et al.*, 2017) la evolución de la ganadería vacuna en las últimas tres décadas, exhibe un comportamiento inestable con una tendencia estática donde inciden la falta de recursos financieros y materiales para llevar adelante la recuperación de la infraestructura creada en etapas anteriores y darle continuidad a los sistemas productivos que prevalecieron hasta finales de los años ochenta del pasado siglo, caracterizados por elevada intensidad material.

Funes-Monzote (2017) refiere que de la aplicación del modelo agrícola industrial se identificaron como los problemas ambientales fundamentales: la reducción de la biodiversidad, la poca disponibilidad y contaminación de las aguas subterráneas, la erosión de los suelos y la deforestación. También se derivaron serias consecuencias socioeconómicas, como la migración a gran escala de la población rural hacia las ciudades, que provocó la pérdida de muchos agricultores experimentados, con amplios conocimientos y tradiciones campesinas.

Los sistemas integrados con base agroecológica pueden aportar valiosos elementos al diseño de estrategias tecnológicas y energéticas vinculadas a la soberanía alimentaria y energética de Cuba en los que aún queda mucho por investigar e implementar (Funes-Monzote, 2009).

production, family labor, animal work, the production of organic fertilizers, the use of renewable sources of energy with appropriate technologies (Casimiro, 2016). Biomass, for example, is a potential source of renewable energy within systems that generates alternative energy sources and biofuels that replace dependence on fossil fuels, reduces adverse consequences for nature and can be used in the production of alternative products. (Hernández, 2019).

The energy sustainability of livestock is conditioned by the ability of farms to restore energy flows from internal sources, resilience in the absence of available sources and the ability of livestock farmers to enhance the cycles of the materials are completed.

Herbivores are in the second link of the food chain, therefore, the energy invested in milk production is higher than that of agricultural systems, since the production of animal feed also involves caloric expenditure. If this is added the energy inefficiency of the conventional models that prevail in Cuba, it is understandable that according to (Acosta *et al.*, 2017) the evolution of cattle farming in the last three decades exhibits an unstable behavior with a static trend where the lack of financial and material resources to carry out the recovery of the infrastructure created in previous stages and to give continuity to the productive systems that prevailed until the end of the eighties of the past, if soil erosion and deforestation.

There were also serious socio-economic consequences, such as large-scale migration of the rural population to the cities, which resulted in the loss of many experienced farmers with extensive peasant knowledge and traditions.

Integrated systems with an agroecological basis can contribute valuable elements to the design of technological and energy strategies linked to Cuba's food and energy sovereignty in which there is still much to be investigated and implemented (Funes-Monzote, 2009).

This monograph aims to address the most relevant and recent scientific aspects, obtained by various authors to manage dairy systems in Cuba on agroecological bases, based on energy sustainability.

Esta monografía tiene como objetivo abordar los aspectos científicos más relevantes y recientes, obtenidos por diversos autores para manejar los sistemas lecheros en Cuba sobre bases agroecológicas, con fundamento en la sostenibilidad energética.

Desarrollo

Situación actual de la producción lechera en el mundo y Cuba

La leche es un alimento básico en la alimentación humana en todas las etapas de la vida. Su procesamiento industrial ha permitido el acceso generalizado a su consumo por parte de la población, lo que ha contribuido a mejorar notablemente su nivel de salud. Desde el punto de vista de su composición, es un alimento completo y equilibrado, que proporciona un elevado contenido de nutrientes en relación con su contenido calórico, por lo que su consumo debe considerarse necesario desde la infancia hasta la tercera edad. Sus beneficios no se limitan exclusivamente a su valor nutricional, sino que se extienden más allá y constituyen un factor de prevención en determinadas patologías afluentes como son las enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, la hipertensión arterial o en patología ósea o dental. Puede contribuir también en la lucha frente al sobrepeso y la obesidad infantil (Fernández *et al.*, 2015).

Todas las bondades que ofrece, la convierten en un producto altamente consumido a nivel mundial, con valores per cápita de 109,1 kg; 110,1 kg y 110,4 kg, durante los años 2017, 2018 y 2019, respectivamente (FAO, 2019 a).

La producción mundial en el año 2019 alcanzó los 852 000 000 t, con un incremento de 1,4 % en relación al año 2018; en lo cual tuvieron una importante responsabilidad países como India, Unión Europea, Estados Unidos, Pakistán, Brasil y China, que constituyen los mayores productores a nivel global, según se muestra en la figura 1. (FAO, 2019 a).

Un rasgo que distingue el comercio mundial de este renglón, es la tendencia por parte de los países a garantizar el consumo interno, dada la incidencia de la leche en la dieta de la población, de ahí que los volúmenes de exportación que se proyectan en el mercado internacional sean de muy poca magnitud en términos relativos (Acosta *et al.*, 2017), no rebasando el 9 % de la producción mundial (FAO, 2019 a).

Development

Current situation of milk production in the world and Cuba

Milk is a staple food in the human diet at all stages of life. Its industrial processing has allowed the general access to its consumption by the population, which has contributed to notably improve their level of health.

From the point of view of its composition, it is a complete and balanced food, which provides a high content of nutrients in relation to its caloric content, so its consumption should be considered necessary from infancy to old age.

Its benefits are not limited exclusively to its nutritional value, but go further and constitute a prevention factor in certain affluent pathologies such as cardiovascular diseases, some types of cancer, high blood pressure or bone or dental pathology. It can also contribute to the fight against childhood overweight and obesity (Fernández *et al.*, 2015).

All the benefits it offers make it a highly consumed product worldwide, with per capita values of 109.1 kg; 110.1 kg and 110.4 kg, during the years 2017, 2018 and 2019, respectively (FAO, 2019 a).

World production in 2019 reached 852,000,000 t, with an increase of 1.4% compared to 2018; in which countries such as India, the European Union, the United States, Pakistan, Brazil and China, which constitute the largest producers globally, had an important responsibility, as shown in figure 1. (FAO, 2019 a).

A feature that distinguishes world trade in this area is the tendency by countries to guarantee domestic consumption, given the incidence of milk in the population's diet, hence the export volumes projected in the international market are of very little magnitude in relative terms (Acosta *et al.*, 2017), not exceeding 9% of world production (FAO, 2019 a).

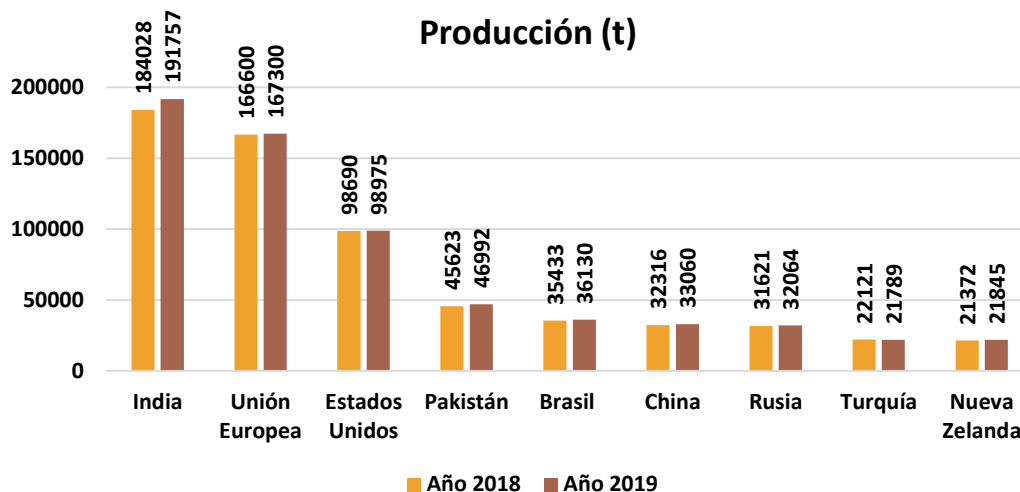


Figura 1. Principales países productores de leche a nivel mundial. Fuente: FAO, 2019 a.

Figure 1. Main milk producing countries worldwide. Source: FAO, 2019 a.

A escala internacional se comercializa principalmente en forma de productos lácteos procesados: leche en polvo entera y desnatada, queso y mantequilla. China consume cantidades pequeñas de leche per cápita, pero es el importador más grande de lácteos, sobre todo de leche entera en polvo. Indonesia, Argelia, México y Rusia son otros grandes importadores netos. Existen acuerdos de comercio internacionales como el CPTPP (Tratado comercial de Asociación Transpacífico), el CETA (Acuerdo Económico y Comercial Global) y el Acuerdo de Comercio Preferencial entre Japón y la Unión Europea, que tienen arreglos específicos para los productos lácteos (cuotas de proporción de arancel) y crean las oportunidades para el crecimiento de comercio extenso (OECD-FAO, 2019).

En los últimos decenios, los países en desarrollo han aumentado su participación en la producción de leche mundial. Este crecimiento se debe principalmente al aumento del número de animales destinados a la producción, y no a la productividad por cabeza. En muchos países en desarrollo, la mala calidad de los recursos forrajeros, las enfermedades, el acceso limitado a mercados y servicios (sanidad animal, crédito y capacitación) y el reducido potencial genético de los animales lecheros limitan la productividad. A diferencia de los países desarrollados, muchos países en desarrollo tienen climas cálidos o

On an international scale it is marketed mainly in the form of processed dairy products: whole and skimmed milk powder, cheese and butter. China consumes small amounts of milk per capita, but it is the largest importer of dairy products, especially whole milk powder. Indonesia, Algeria, Mexico, and Russia are other large net importers. There are international trade agreements such as the CPTPP (Trans-Pacific Partnership Trade Agreement), the CETA (Global Economic and Trade Agreement) and the Preferential Trade Agreement between Japan and the European Union, which have specific arrangements for dairy products (proportion quotas tariff) and create opportunities for extensive trade growth (OECD-FAO, 2019).

In recent decades, developing countries have increased their share of world milk production. This growth is mainly due to the increase in the number of animals destined for production, and not to productivity per head. In many developing countries, poor quality forage resources, disease, limited access to markets and services (animal health, credit, and training), and low genetic potential of dairy animals limit productivity. Unlike developed countries, many developing countries have hot or humid climates that are unfavorable for activity (FAO, 2019 b).

húmedos que son desfavorables para la actividad (FAO, 2019 b).

Según Acosta *et al* (2017), la producción ganadera latinoamericana ha crecido rápidamente en los años precedentes, a pesar de esto, otras fuentes Martínez *et al* (2012) aseguran que la misma aún enfrenta grandes desafíos, en zonas geográficas desfavorecidas necesitadas de adopción de tecnologías apropiadas en los sistemas lecheros. En este sentido, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con sede en Costa Rica, aboga por sistemas productivos sostenibles en América Latina y el Caribe, con el fin de reducir su impacto ambiental y atender la demanda mundial de alimentos; ya que estos tienen una gran capacidad de captura de carbono en praderas, donde la producción alternativa y el manejo de alimentación con diversas fuentes fibrosas permite regular emisiones. Se requieren políticas públicas a largo plazo que impulsen una ganadería inteligente, más competitiva y sustentable para el sector lácteo, más resiliente y con mejoras nutricionales (IICA, 2019).

En esta región, el comercio de productos lácteos es un eslabón importante en la economía de los países. Generalmente las exportaciones tienen como destino principal el mismo mercado centroamericano. Los principales exportadores son Nicaragua y Costa Rica (de Groot, 2018). Su significación está dada no solo como fuente de productos de exportación y consumo, sino en términos de generación de empleo.

El sector ganadero muestra niveles de ingresos menores al resto de los sectores productivos, y sus salarios se encuentran por debajo de los salarios promedio de América Latina. Lamentablemente es un hecho que en la ganadería el sueldo puede ser incluso menor que el sueldo mínimo, lo que implica un fuerte desafío para los trabajadores centroamericanos, en especial aquellos cuya producción es familiar y su trabajo no se valora ni se compensa, como el caso de muchas mujeres que trabajan en las fincas familiares.

En Cuba la producción de leche vacuna es una de las actividades más afectadas por la crisis de los

According to Acosta *et al* (2017), Latin American livestock production has grown rapidly in previous years, despite this, other sources Martínez *et al* (2012) assure that it still faces great challenges, in disadvantaged geographical areas in need of adoption of appropriate technologies in dairy systems. In this sense, the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), based in Costa Rica, advocates for sustainable production systems in Latin America and the Caribbean, in order to reduce their environmental impact and meet the global demand for food; since these have a great capacity to capture carbon in grasslands, where alternative production and feed management with various fibrous sources allow regulating emissions. Long-term public policies are required to promote smart, more competitive and sustainable livestock farming for the dairy sector, more resilient and with nutritional improvements (IICA, 2019).

In this region, trade in dairy products is an important link in the economies of the countries. Exports generally have the same Central American market as their main destination. The main exporters are Nicaragua and Costa Rica (de Groot, 2018). Its significance is given not only as a source of export and consumer products, but also in terms of job creation.

The livestock sector shows lower income levels than the rest of the productive sectors, and its wages are below the average wages in Latin America. Unfortunately, it is a fact that in livestock farming the salary can be even less than the minimum salary, which implies a strong challenge for Central American workers, especially those whose production is family-owned and their work is not valued or compensated, as is the case of many women who work on family farms.

In Cuba, the production of bovine milk is one of the activities most affected by the crisis of the 1990s and also one of the most insufficient

años noventa y también una de las que más insuficiente recuperación presenta. Sin embargo, dentro del sector agropecuario incluyendo la producción cañera, es la rama que reviste mayor importancia estructural en el ámbito económico, por el impacto de sus producciones en el consumo alimentario de la población, su incidencia potencial en la sustitución de importaciones; su encadenamiento con la industria proveedora de insumos y equipos; así como por el uso de los recursos naturales (Acosta *et al.*, 2017).

Persiste un deterioro progresivo en los rebaños bovinos, que ha provocado una disminución apreciable en la masa de animales y el detrimento de sus principales indicadores productivos, reproductivos y económicos López *et al* (2015).

Según la FAO-FEPALE (2012), el hecho de que la producción de la región del Caribe en los últimos 20 años haya sido menos dinámica que la del resto del mundo, con sólo un aumento de un 8 %, se debe exclusivamente a la reducción en la producción de Cuba, que representa una proporción muy significativa de la leche del Caribe (31 %) y que redujo su producción en unos 180 000 000 de litros (830 000 000 en 1991 y 650 000 000 en 2011). Por demás, esta misma fuente asegura que el país ocupa el cuarto lugar dentro de la región de América Latina y el Caribe, en cuanto a cantidad de productores de leche, con un estimado de 300 000.

Las tendencias negativas en los principales indicadores relacionados con la superficie agrícola, el nivel de producción y los rendimientos agrícolas, han implicado que no se cubra la demanda de alimentos de la población Fernández(2011). En el sector ganadero estatal los nacimientos de ganado vacuno decrecieron en 7 % y las muertes de crías crecieron en 22 %, de 2009 a 2014. En igual período, la producción de leche vacuna se redujo en un 3 % debido a que la existencia promedio de vacas en ordeño y su rendimiento anual disminuyeron en 26 % y 5 %, respectivamente, con afectaciones directas en la satisfacción de las necesidades alimentarias sociales (Benítez *et al.*, 2017).

recovery. However, within the agricultural sector, including sugarcane production, it is the branch that has the greatest structural importance in the economic sphere, due to the impact of its productions on the population's food consumption, its potential impact on import substitution; its link with the industry supplier of supplies and equipment; as well as by the use of natural resources (Acosta *et al.*, 2017).

A progressive deterioration persists in bovine herds, which has caused an appreciable decrease in the mass of animals and the detriment of their main productive, reproductive and economic indicators López *et al* (2015).

According to FAO-FEPALE (2012), the fact that production in the Caribbean region in the last 20 years has been less dynamic than that of the rest of the world, with only an increase of 8%, is exclusively due to the reduction in Cuban production, which represents a very significant proportion of Caribbean milk (31%) and which reduced its production by about 180,000,000 liters (830,000,000 in 1991 and 650,000,000 in 2011). Furthermore, this same source ensures that the country ranks fourth within the Latin American and Caribbean region, in terms of the number of milk producers, with an estimated 300,000.

The negative trends in the main indicators related to the agricultural area, the level of production and agricultural yields, have implied that the demand for food of the Fernández population (2011) is not covered. In the state livestock sector, births of cattle decreased by 7% and the deaths of calves grew by 22%, from 2009 to 2014. In the same period, the production of bovine milk decreased by 3% due to the fact that the average stock of milking cows and their annual yield decreased by 26% and 5%, respectively, with direct effects on the satisfaction of social food needs (Benítez *et al.*, 2017).

El inesperado derrumbe de los países socialistas europeos y de la URSS (Unión Rusa Socialista Soviética) en 1991, puso en evidencia las contradicciones del modelo agropecuario convencional que Cuba había desarrollado desde la colonización europea (Funes-Monzote, 2009). En la actualidad esta situación lejos de atenuarse, se ha acentuado como consecuencia de la continuada situación económica que sufre el país.

De acuerdo a un estudio realizado por Acosta *et al* (2017) en todo el territorio nacional, los sistemas productivos predominantes en la lechería cubana, se caracterizan por tener la mayor parte del ordeño mecanizado; casi en la totalidad de las vaquerías se somete el ganado a doble ordeño y las vaquerías rústicas solo representan el 21 %, por lo que el resto son típicas y atípicas de mampostería.

Las áreas de pasto por unidad ocupan alrededor de 112,7 ha; bajo riego muy pocas, las cuales representan entre 6,7 ha y 9,4 ha en las unidades donde existe. En muchas de ellas no cuentan con suficiente agua para beber en las áreas de sombra. Los pastos cultivados promedian solamente un 9,8 % del total en existencia, mientras el parámetro establecido referente como aceptable asciende al 40 %. Las áreas dedicadas a la producción forrajera no cubren las necesidades y la infestación con Marabú y otras arvenses es frecuente. El suplemento alimenticio a base de piensos además de ser escaso, expone una alta dependencia de fuentes externas. La carga promedio por hectárea resulta elevada. El área acuartonada representa la gran mayoría, sin embargo, la cantidad de cuarterones por unidad es relativamente baja. La masa trabajadora en general es joven, con un nivel técnico bajo y experiencia laboral promedio de más de cinco años.

Estos indicadores coinciden con los obtenidos por otros autores Nova (2018), y reflejan las debilidades de la lechería cubana tanto en la base alimentaria, como en la infraestructura, tecnología y capital humano.

La economía cubana se ve precisada a realizar significativas erogaciones en divisas, para

The unexpected collapse of the European socialist countries and of the USSR (Russian Soviet Socialist Union) in 1991 revealed the contradictions of the conventional agricultural model that Cuba had developed since European colonization (Funes-Monzote, 2009). At present, this situation, far from diminishing, has been accentuated as a consequence of the continuing economic situation in the country.

According to a study carried out by Acosta *et al* (2017) throughout the national territory, the predominant productive systems in Cuban dairy are characterized by having most of the mechanized milking; almost all dairy farms undergo double milking, and rustic dairy farms only represent 21%, so the rest are typical and atypical of masonry.

Pasture areas per unit occupy about 112.7 ha; very few are under irrigation, which represent between 6.7 and 9.4 ha in the units where it exists. In many of them they do not have enough water to drink in the shady areas. Cultivated pastures average only 9.8% of the total in existence, while the parameter established as acceptable as reference amounts to 40%. The areas dedicated to forage production do not meet the needs and the infestation with Marabú and other weeds is frequent. The food supplement based on feed, besides being scarce, exposes a high dependence on external sources. The average load per hectare is high. The quartered area represents the vast majority, however, the number of paddocks per unit is relatively low. The working mass in general is young, with a low technical level and average work experience of more than five years.

These indicators coincide with those obtained by other Nova authors (2018), and reflect the weaknesses of the Cuban dairy both in the food base, as well as in infrastructure, technology and human capital.

The Cuban economy is required to make significant outlays in foreign currency to import

importar alimentos, aumentando con ello su vulnerabilidad alimentaria Nova (2018). Un análisis realizado por este autor sobre la disponibilidad alimentaria (Disponibilidad = producción nacional + importaciones - exportaciones), mostró que la producción nacional de leche durante el decenio 2007-2016, representó el 52,8 % de la disponibilidad total existente en el país. Este resultado ratifica la alta dependencia de importaciones en el sector, representadas por un 47,2 % para este periodo.

El cooperativismo bajo sus diversas modalidades se presenta como la forma productiva más representativa del sector agropecuario cubano Nova (2018), aunque también existe una representación del sector estatal.

Acosta *et al* (2017) plantean que los actores directos vinculados a la producción lechera están agrupados en cuatro formas de organización productiva (tabla 1.):

Cooperativas de Crédito y Servicios (CCS): los miembros mantienen la propiedad individual de sus tierras, sus equipos y medios de producción, y de la producción resultante. Este tipo de organización primaria posibilita: el uso común del riego, algunas instalaciones, servicios y otros medios; la adquisición de tecnologías que no podrían ser adquiridas individualmente por su costo y complejidad, así como beneficiarse por el trámite global de créditos bancarios y por las gestiones de comercialización grupal.

Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA): constituyen una forma colectiva de propiedad social donde los miembros colectivizaron la propiedad de la tierra y otros medios de en forma voluntaria y recibieron un pago por los mismos. Por lo tanto, pasan de ser propietarios a trabajadores colectivos.

Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC): están constituidas por trabajadores provenientes de las empresas estatales con tierras que les fueron traspasadas en calidad de usufructo y con medios de producción comprados al Estado.

food, thereby increasing its food vulnerability Nova (2018). An analysis carried out by this author on food availability (Availability = national production + imports - exports), showed that the national milk production during the decade 2007-2016, represented 52.8% of the total availability existing in the country. This result confirms the high dependence on imports in the sector, represented by 47.2% for this period.

Cooperativism under its various modalities is presented as the most representative productive form of the Cuban agricultural sector Nova (2018), although there is also a representation of the state sector.

Acosta *et al* (2017) suggest that the direct actors linked to dairy production are grouped into four forms of productive organization (table 1.):

Credit and Service Cooperatives (CCS): members maintain individual ownership of their land, their equipment and means of production, and the resulting production. This type of primary organization enables: the common use of irrigation, some facilities, services and other means; the acquisition of technologies that could not be acquired individually due to their cost and complexity, as well as benefiting from the global processing of bank loans and group marketing efforts.

Agricultural Production Cooperatives (CPA): constitute a collective form of social property where members collectivized ownership of land and other means on a voluntary basis and received payment for them. Therefore, they go from being owners to collective workers.

Basic Units of Cooperative Production (UBPC): they are made up of workers from state companies with lands that were transferred to them as usufruct and with means of production purchased from the State.

Unidad empresarial de base (UEB): están constituidas por las granjas estatales, por tanto, son la forma de propiedad más socializada. Ninguno de sus trabajadores es dueño ni asociado, sino empleados estatales, por lo que tierras, medios de producción y activos pertenecen al estado.

Base business unit (UEB): they are constituted by state farms, therefore, they are the most socialized form of property. None of its workers are owners or associates, but state employees, so that land, means of production and assets belong to the state.

Sector	Forma organizativa	
Sector estatal	Unidad empresarial de base (UEB): Granjas Estatales.	
Sector no estatal (cooperativo)	Producción colectiva	Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA).
	Producción individual	Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS).

Tabla 1. Formas de organización dedicadas a la producción lechera en Cuba. Adaptado de Funes-Monzote (2009).

Table 1. Forms of organization dedicated to dairy production in Cuba. Adapted from Funes-Monzote (2009).

En el año 2017 existían en Cuba 3 694 800 ha dedicadas a la producción ganadera de las cuales el 57,8 % estaban representadas por el sector no estatal, tal y como se observa en la figura 2.

In 2017 there were 3 694 800 ha in Cuba dedicated to livestock production, of which 57.8% were represented by the non-state sector, as can be seen in Figure 2.

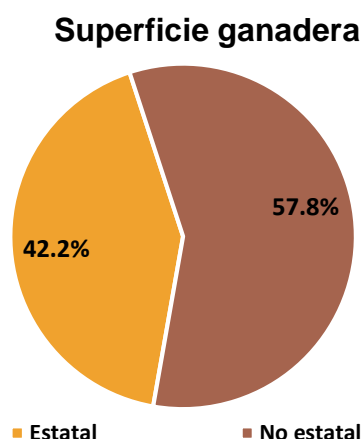


Figura 2. Distribución de la superficie dedicada a la ganadería, año 2017. Fuente: ONEI 2017.

Figure 2. Distribution of the area dedicated to livestock, year 2017. Source: ONEI 2017.

El sector cooperativo tiene elevada participación en la producción de leche nacional. Casimiro

The cooperative sector has a high participation in the national milk production. Casimiro (2016),

(2016) apoyándose en datos ofrecidos por el MINAG (2015) expresaron que, durante ese año, estas formas organizativas obtuvieron el 72,7 % de la producción total. Aún mayores fueron los resultados para el año 2017, que según (Nova, 2018) alcanzaron el 84 % de las producciones (figura 3).

relying on data provided by MINAG (2015), stated that, during that year, these organizational forms obtained 72.7% of the total production. Even higher were the results for the year 2017, which according to (Nova, 2018) reached 84% of the productions (figure 3).

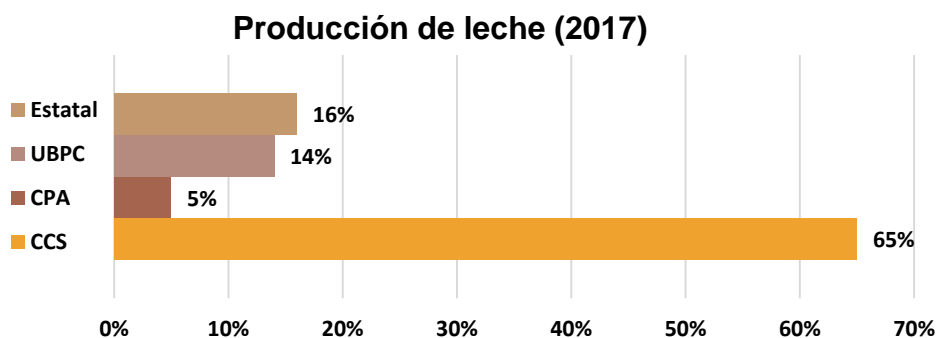


Figura 3. Participación de las formas productivas en la producción de leche durante el año 2017. **Fuente:** Nova (2018).

Figure 3. Participation of productive forms in milk production during 2017. **Source:** Nova (2018).

Sostenibilidad y uso de la energía en los sistemas productivos agropecuarios

En los agroecosistemas, la energía entra en forma de radiación solar que alimenta la fotosíntesis generando biomasa en forma de trabajo humano, animal o mecánico; o aún contenida en combustibles, abonos, herramientas, semillas y demás insumos de la agricultura (Chilpe, 2018).

Las células vegetales utilizan la luz solar y la convierten en energía química de reserva o biomasa, rica en compuestos orgánicos. Cuando estos compuestos son ingeridos por un animal se produce su ruptura y su energía química se transforma en movimiento (energía cinética), calor corporal o nuevos enlaces químicos (Cavalcanti, 2018). Este fenómeno se fundamenta en la segunda ley de la termodinámica, ya que, en el proceso de transformación, existe una degradación de energía desde una forma concentrada a una forma dispersada; lo que significa que existe una parte de esa energía que se disipa y no es aprovechable (Rodríguez, 2019).

Sustainability and use of energy in agricultural production systems

In agroecosystems, energy enters in the form of solar radiation that fuels photosynthesis, generating biomass in the form of human, animal or mechanical work; or still contained in fuels, fertilizers, tools, seeds and other agricultural inputs (Chilpe, 2018).

Plant cells use sunlight and convert it into reserve chemical energy or biomass, rich in organic compounds. When these compounds are ingested by an animal, their breakdown occurs and their chemical energy is transformed into movement (kinetic energy), body heat or new chemical bonds (Cavalcanti, 2018). This phenomenon is based on the second law of thermodynamics, since, in the transformation process, there is a degradation of energy from a concentrated to a dispersed form; which means that there is a part of that energy that dissipates and is not usable (Rodríguez, 2019).

Todos los procesos vitales implican un uso de energía de un tipo u otro y la producción de alimentos no está exenta de esto. En la agricultura además de la energía proveniente del sol o energía ecológica, se utiliza la proporcionada por los seres humanos o energía cultural, que, a su vez, puede ser biológica e industrial (figura 4) (Funes-Monzote, 2009; Dussi y Flores, 2018). La energía cultural biológica resulta de una fuente humana, animal o vegetal; refiérase trabajo humano, animal o energía proveniente de la biomasa. Por su parte, la energía cultural industrial deriva de fuentes no biológicas: electricidad, petróleo, gasolina, gas natural, carbón mineral, maquinaria y fertilizantes (Campos, 2016).

All life processes involve energy use of one kind or another and food production is not exempt from this. In agriculture, in addition to energy from the sun or ecological energy, the energy provided by human beings or cultural energy is used, which, in turn, can be biological and industrial (figure 4) (Funes-Monzote, 2009; Dussi and Flowers, 2018). Biological cultural energy results from a human, animal or plant source; refer to human, animal labor or energy from biomass. For its part, industrial cultural energy derives from non-biological sources: electricity, oil, gasoline, natural gas, mineral coal, machinery and fertilizers (Campos, 2016).

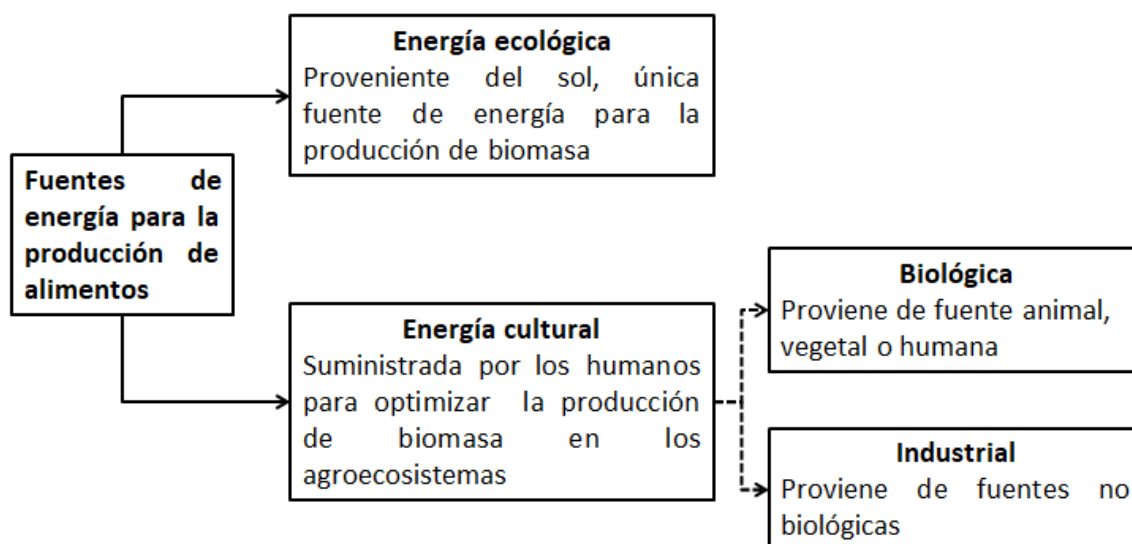


Figura 4. Fuentes de energía empleada para la producción de alimentos. Fuente: (Chilpe, 2018).

Figure 4. Sources of energy used for food production. Source: (Chilpe, 2018).

La clave de los agroecosistemas radica en cómo utilizar la energía cultural para transformar con mayor eficiencia la energía ecológica en alimento u otras producciones agropecuarias (Funes, 2009; de Dios *et al.*, 2019).

Los sistemas de producción integrales y diversos procuran aprovechar al máximo los ingresos de energía al sistema. Ello permite minimizar las pérdidas durante el desarrollo de las actividades productivas, y favorecen la interrelación de los componentes productivos y el reciclaje interno de nutrientes (de Dios *et al.*, 2019).

The key to agroecosystems lies in how to use cultural energy to more efficiently transform ecological energy into food or other agricultural productions (Funes, 2009; de Dios *et al.*, 2019).

Comprehensive and diverse production systems seek to maximize the energy inputs to the system. This allows to minimize losses during the development of productive activities, and favors the interrelation of the productive components and the internal recycling of nutrients (de Dios *et al.*, 2019).

Campos (2016) apuntan que la agricultura es una actividad productiva consistente en la manipulación humana de la energía dentro de los ecosistemas. Los agroecosistemas se consideran herramientas hechas por el hombre para capturar y convertir energía solar en biomasa.

De acuerdo con el Informe Brundtland CMMAD (1987), todo desarrollo es sostenible si satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. El término establece una directriz ética para el desarrollo e intenta conciliar las diferencias entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente con la justicia social. Este paradigma constituye el campo de acción de la Agroecología (Fernández y Ruíz-Godoy, 2017).

Considerándose lo planteado por Bravo *et al* (2018) respecto a la relación directa entre la sostenibilidad y la eficiencia energética de los agroecosistemas, debido a que la economía constituye un sistema abierto que disipa energía y materiales para mantenerse o crecer, su sostenibilidad depende de la disponibilidad de energías y materiales que consume. Por lo tanto, un sistema es sostenible en la medida que las fuentes de energía que le aportan los flujos necesarios para su permanencia perduren a través del tiempo (fuentes renovables), o bien, un sistema es sostenible si es capaz de adaptarse a las fuentes de energía disponibles y a reemplazar dichas fuentes de energía por otras en caso de que las fuentes originales de energía dejen de estar disponibles.

Actualmente, la mayor parte de la atención del sector agrario se centra en las oportunidades que el sector energético ofrece a la agricultura como productores de energías renovables de la biomasa y en menor medida en el protagonismo que el sector agrario asume en el uso eficiente y sostenible de la energía. Pero es fundamental una atención primordial a la demanda, que depende mucho más del ser humano que la oferta. Es necesario hacer de la eficiencia energética y de la utilización racional de la energía, objetivos realmente prioritarios. Un modelo energético sostenible primero debe sustentarse en la eficiencia energética, y luego en las energías renovables, las tecnologías de

Campos (2016) point out that agriculture is a productive activity consisting of the human manipulation of energy within ecosystems. Agroecosystems are considered man-made tools to capture and convert solar energy into biomass.

According to the Brundtland CMMAD Report (1987), all development is sustainable if it meets the needs of present generations without compromising the ability of future generations to meet theirs. The term establishes an ethical guideline for development and attempts to reconcile the differences between economic development and environmental protection with social justice. This paradigm constitutes the field of action of Agroecology (Fernández and Ruíz-Godoy, 2017).

Considering what was proposed by Bravo *et al* (2018) regarding the direct relationship between sustainability and energy efficiency of agroecosystems, because the economy constitutes an open system that dissipates energy and materials to maintain itself or grow, its sustainability depends on the availability of energy and materials it consumes. Therefore, a system is sustainable to the extent that the energy sources that provide the necessary flows for its permanence last over time (renewable sources), or else, a system is sustainable if it is capable of adapt to available energy sources and replace these energy sources with others in the event that the original energy sources are no longer available.

Currently, most of the attention of the agricultural sector is focused on the opportunities that the energy sector offers to agriculture as producers of renewable energy from biomass and to a lesser extent on the role that the agricultural sector assumes in efficient and sustainable use of energy. But a primary attention to demand is essential, which depends much more on human beings than supply. It is necessary to make energy efficiency and the rational use of energy, really priority objectives. A sustainable energy model must first be based on energy efficiency, and then on renewable energies, the most efficient and environmentally

generación más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, los combustibles menos contaminantes, la captura y almacenamiento del CO₂. (Monedero, 2005)

En este sentido Roscoe y Buurman (2003) definieron la eficiencia del uso de la energía como la capacidad de utilizar racionalmente los diversos insumos para transformarlos en un flujo de energía que se transforma en un producto durante el proceso de producción de cada sistema de producción que forma parte del estudio.

Infante *et al* (2014) plantean que la agricultura industrial produce más alimentos, requiere menos mano de obra y aumenta la producción de biomasa. Este proceso puede ser leído como una historia exitosa del progreso humano. Sin embargo, buena parte del éxito de estos sistemas agrarios es debido a la creciente dependencia de insumos externos, tanto para su consumo directo (combustibles o electricidad) como para su consumo indirecto (energía requerida para producir insumos sin poder calorífico como los fertilizantes). Aunque la producción energética ha crecido, lo ha hecho a una tasa menor que los insumos utilizados, de manera que la agricultura ha perdido en las décadas finales del siglo XX su milenaria eficiencia energética.

Son varios autores que motivados por estas preocupaciones, se han dedicado a estudiar la sostenibilidad de los sistemas agrarios a partir del uso de la energía y los recursos Mrini *et al* (2008); Denoia y Monticos (2010); Del Pozo *et al* (2014); (Funes-Monzote, 2017), revelándose a través de balances de energía en la agricultura, que la producción agraria de Revolución Verde es más ineficiente y depende, cada vez más, de recursos fósiles derivados del creciente uso de combustibles, electricidad o agroquímicos (Infante *et al.*, 2014).

Modelos de producción lecheros basados en principios agroecológicos

El Periodo Especial fue una etapa de privación en Cuba, pero también de innovación en agricultura sostenible y en la reorganización de la producción, para la obtención de alimentos de manera más autónoma. En este periodo se dieron los primeros

friendly generation technologies environment, less polluting fuels, CO₂ capture and storage. (Monedero, 2005)

In this sense, Roscoe and Buurman (2003) defined the efficiency of energy use as the ability to rationally use the various inputs to transform them into an energy flow that is transformed into a product during the production process of each production system that it is part of the study.

Infante *et al* (2014) suggest that industrial agriculture produces more food, requires less labor and increases biomass production. This process can be read as a success story of human progress. However, a good part of the success of these agrarian systems is due to the growing dependence on external inputs, both for their direct consumption (fuel or electricity) and for their indirect consumption (energy required to produce inputs without calorific power such as fertilizers). Although energy production has grown, it has done so at a lower rate than the inputs used, so that agriculture has lost its millenary energy efficiency in the final decades of the 20th century.

There are several authors who, motivated by these concerns, have dedicated themselves to studying the sustainability of agrarian systems from the use of energy and resources Mrini *et al* (2008); Denoia and Monticos (2010); Del Pozo *et al* (2014); (Funes-Monzote, 2017), revealing through energy balances in agriculture that the agrarian production of the Green Revolution is more inefficient and depends, increasingly, on fossil resources derived from the increasing use of fuels, electricity or agrochemicals (Infante *et al.*, 2014).

Dairy production models based on agroecological principles

The Special Period was a stage of deprivation in Cuba, but also of innovation in sustainable agriculture and in the reorganization of production, to obtain food in a more autonomous way. During this period, the first steps were

pasos hacia la transformación de la producción agropecuaria, promovida por el Grupo Gestor de la Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO) y varios programas del Ministerio de la Agricultura (MINAG), que generalizaron la producción y uso de medios biológicos y abonos orgánicos, la producción de hortalizas en las ciudades (agricultura urbana), la tracción animal y los policultivos, entre otros (Sabourin *et al.*, 2017).

Bajo una concepción integradora, los sistemas agroecológicos combinan los aportes del conocimiento especializado con la producción agrícola y pecuaria en un nuevo nivel de complejidad que está determinado por la agrobiodiversidad, bajo un programa de manejo más holístico. La agroecología, como "ciencia para la agricultura sostenible", ofrece los principios ecológicos que permiten estudiar, diseñar y manejar los agroecosistemas, combinando la producción y la conservación de los recursos naturales (Altieri, 1997). Propone una acción participativa e inclusiva, culturalmente sensible, socialmente justa y económicamente viable (Funes-Monzote, 2017).

Considerando que en las cadenas tróficas existe un flujo energía unidireccional y una circulación de materiales, que avanza de organismos productores a consumidores y descomponedores, se entiende que estos procesos son incompletos siempre que se ausente algún componente. En la agricultura, establecer sistemas integrados permite una mayor eficiencia en el uso de la energía y los materiales, ya que se aprovechan las bondades de la naturaleza para satisfacer los requerimientos, sin necesidad de importar recursos industriales.

Los sistemas de producción agroecológicos son biodiversos, resistentes, eficientes en el uso de la energía y conforman la base de una estrategia de soberanía energética, productiva y alimentaria. Los principios básicos sobre los que se sustenta la agroecología incluyen el reciclaje de nutrientes y energía, la sustitución de insumos externos, el mejoramiento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo; la diversificación de especies de plantas, la integración cultivo-ganadería. Todo ello es posible a través de la optimización de las interacciones que se establecen entre sus

taken towards the transformation of agricultural production, promoted by the Management Group of the Cuban Association of Organic Agriculture (ACAO) and several programs of the Ministry of Agriculture (MINAG), which generalized the production and use of biological media and organic fertilizers, the production of vegetables in cities (urban agriculture), animal traction and polycultures, among others (Sabourin *et al.*, 2017).

Under an integrative conception, agroecological systems combine the contributions of specialized knowledge with agricultural and livestock production at a new level of complexity that is determined by agrobiodiversity, under a more holistic management program. Agroecology, as a "science for sustainable agriculture", offers the ecological principles that allow the study, design and management of agroecosystems, combining the production and conservation of natural resources (Altieri, 1997). It proposes a participatory and inclusive action, culturally sensitive, socially just and economically viable (Funes-Monzote, 2017).

Considering that in the trophic chains there is a unidirectional energy flow and a circulation of materials, which advances from producing organisms to consumers and decomposers, it is understood that these processes are incomplete whenever a component is absent. In agriculture, establishing integrated systems allows greater efficiency in the use of energy and materials, since the benefits of nature are taken advantage of to satisfy the requirements, without the need to import industrial resources.

Agroecological production systems are biodiverse, resistant, efficient in the use of energy and form the basis of a strategy of energy, productive and food sovereignty. The basic principles on which agroecology is based include the recycling of nutrients and energy, the substitution of external inputs, the improvement of organic matter and the biological activity of the soil; diversification of plant species, crop-livestock integration. All this is possible through the optimization of the interactions that are

componentes y la productividad del sistema agrícola en lugar de los rendimientos aislados de distintas especies (Gliessman, 1998). Esta ciencia juega un rol fundamental en el establecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas para alcanzar una producción sustentable. Está basada en un conjunto de conocimiento y técnicas que se desarrollan a partir de los agricultores y sus procesos de experimentación (de Dios *et al.*, 2019).

La tendencia mundial en la ganadería lechera se proyecta al incremento en la producción por vaca y al logro de mayores rendimientos en los indicadores de calidad de la leche, lo cual está estrechamente relacionado con las condiciones de producción (Alonso *et al.*, 2018). La especialización productiva (enfoque reduccionista) aparece como una barrera para un diseño más integrado, por el contrario del paradigma agroecológico que además de lograr altos rendimientos, implica múltiples bondades (Espinosa y Ríos, 2016; Dussi y Flores, 2018).

La baja productividad del sector agropecuario cubano, entre otros, son elementos que sugieren transformaciones en el modelo de producción agropecuaria del país y el desarrollo de políticas públicas de fomento que aseguren una producción y un consumo de alimentos sanos y nutritivos, con garantía de producción y acceso durante todo el año, sobre bases sostenibles (Casimiro, 2016).

Siguiéndose esta idea, en Cuba se ha venido trabajando en la conversión agroecológica de sistemas ganaderos Fuentes y Águila (2016); Contino *et al* (2018), con el objetivo de obtener una mayor productividad de la tierra y la fuerza de trabajo, así como un aumento de la eficiencia energética y la rentabilidad económica.

La transición agroecológica requiere regenerar el funcionamiento de los procesos ecológicos y socioculturales Carmenate *et al* (2019), "ello implica un prolongado y complejo proceso de ensamblaje de los componentes del agroecosistema y de transformación de las interacciones humanas con el sistema productivo; por ello demanda, dependiendo de la escala, de períodos prolongados" (Novoa y Funes, 2016). En este sentido, son numerosas las alternativas tecnológicas que pueden

established between its components and the productivity of the agricultural system instead of the isolated yields of different species (Gliessman, 1998). This science plays a fundamental role in establishing the ecological balance of agroecosystems to achieve sustainable production. It is based on a set of knowledge and techniques that are developed from farmers and their experimentation processes (de Dios *et al.*, 2019).

The global trend in dairy farming is projected to increase production per cow and to achieve higher yields in milk quality indicators, which is closely related to production conditions (Alonso *et al.*, 2018). Productive specialization (reductionist approach) appears as a barrier to a more integrated design, on the contrary of the agroecological paradigm that, in addition to achieving high yields, implies multiple benefits (Espinosa and Ríos, 2016; Dussi and Flores, 2018).

The low productivity of the Cuban agricultural sector, among others, are elements that suggest transformations in the country's agricultural production model and the development of public promotion policies that ensure the production and consumption of healthy and nutritious food, with a guarantee of production and access throughout the year, on a sustainable basis (Casimiro, 2016).

Following this idea, Cuba has been working on the agroecological conversion of livestock systems Fuentes and Águila (2016); Contino *et al* (2018), with the aim of obtaining higher productivity of the land and the workforce, as well as an increase in energy efficiency and economic profitability.

The agroecological transition requires regenerating the functioning of ecological and sociocultural processes Carmenate *et al* (2019), "this implies a prolonged and complex process of assembling the components of the agroecosystem and transforming human interactions with the productive system; therefore, it demands , depending on the scale, of prolonged periods "(Novoa and Funes, 2016).

ser aplicadas para la producción ganadera agroecológica (Casimiro, 2016; Carmenate *et al.*, 2019):

- ✓ Aprovechamiento de las condiciones climáticas y selección de especies adaptadas en alto grado a cada condición edafoclimática.
- ✓ Integración de una cantidad adecuada de componentes agrícolas, pecuarios y forestales.
- ✓ Conservación de la base de recursos naturales involucrados en la producción agropecuaria, especialmente suelo y agua.
- ✓ Conservación y promoción de la biodiversidad y la agrodiversidad.
- ✓ Aprovechamiento de procesos naturales en el ecosistema, como: relaciones simbióticas, micorrícicas, alelopatía, control biológico, que prestan ventajas a los procesos productivos.
- ✓ Establecimiento de cultivos multiestratificados que generen condiciones de microclima y protejan el suelo; especial énfasis en cultivos agroforestales para condiciones del trópico húmedo.
- ✓ Aplicación de prácticas de abonamiento, manejo y conservación de suelos, que le den estabilidad y mejoren su fertilidad.
- ✓ Planificación de producción para el autoconsumo familiar y la venta en el mercado.
- ✓ Integración vertical de la producción, generando valor agregado a productos que puedan ser mercadeados.
- ✓ Uso sostenible del agua; acciones de conservación de fuentes naturales, reciclaje y reutilización de agua en procesos domésticos y productivos.

Análisis de investigaciones realizadas con enfoque de ganadería agroecológica

Son cuantiosas las investigaciones y estudios realizados para sustentar la efectividad de la producción ganadera con perspectiva agroecológica y promover tecnologías sostenibles, tanto fuera como dentro de Cuba.

Respecto al empleo de sistemas silvopastoriles, un estudio realizado por Del Pozo (2019), demostró que la inclusión de árboles y arbustos (proteicos y de usos múltiples) en las fincas ganaderas, es un enfoque válido para producir y conservar los recursos naturales de forma sostenible. Propicia el

In this sense, there are numerous technological alternatives that can be applied for agroecological livestock production (Casimiro, 2016; Carmenate *et al.*, 2019):

- ✓ Taking advantage of the climatic conditions and selection of species adapted to a high degree to each edaphoclimatic condition.
- ✓ Integration of an adequate amount of agricultural, livestock and forestry components.
- ✓ Conservation of the natural resource base involved in agricultural production, especially soil and water.
- ✓ Conservation and promotion of biodiversity and agrodiversity.
- ✓ Taking advantage of natural processes in the ecosystem, such as: symbiotic and mycorrhizal relationships, allelopathy, biological control, which provide advantages to productive processes.
- ✓ Establishment of multi-layer crops that generate microclimate conditions and protect the soil; special emphasis on agroforestry crops for humid tropic conditions.
- ✓ Application of fertilizer, management and soil conservation practices that give it stability and improve its fertility.
- ✓ Production planning for family consumption and sale in the market.
- ✓ Vertical integration of production, generating added value to products that can be marketed.
- ✓ Sustainable use of water; actions for the conservation of natural sources, recycling and reuse of water in domestic and productive processes.

Analysis of research carried out with an agroecological livestock approach

There are numerous investigations and studies carried out to support the effectiveness of livestock production with an agroecological perspective and promote sustainable technologies, both outside and within Cuba.

incremento sostenido en la producción forrajera, la producción de leche, aumentos en las ganancias diarias por animal y disminución en la edad de la incorporación a la reproducción de la hembra bovina, producciones adicionales de leña, entre otros recursos; con eficiencia económica y una mejora en el bienestar animal.

Resultados similares fueron obtenidos por Lopera *et al* (2015) quienes, mediante la adopción de sistemas silvopastoriles cada vez más complejos y la eliminación gradual de los insumos agroquímicos en una finca convencional, lograron reducir el costo de producción de la leche, aumentar la calidad y el precio de la misma y mejorar la seguridad alimentaria y la eficiencia energética.

En Cuba, las investigaciones con el empleo de sistemas agroforestales pecuarios se comenzaron en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) y posteriormente en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Este último, constituye un centro líder en el desarrollo de la ganadería agroecológica en el país, con la implementación de diversas alternativas y la conversión de un gran número de fincas bajo su responsabilidad de acciones.

Con el objetivo de conocer la frecuencia de aplicación de prácticas agroecológicas y su relación con algunas variables bioproductivas de interés económico, en fincas lecheras en la provincia Camagüey, Tamayo *et al* (2017) identificaron que la implementación de estas en la ganadería cubana aún es escasa. Entre las principales variantes usadas se encuentran: tratamiento de residuos, tracción animal, cercas vivas, árboles en campo, producción de animales de remplazo, integración ganadería-cultivo, siembra de caña, siembra de King Grass, utilización de bancos de proteína y utilización de abonos orgánicos.

En la región amazónica ecuatoriana, Alemán *et al* (2018), propusieron como alternativa agroecológica el implemento de bancos de proteínas, asociación de pastos con leguminosas, incorporación de razas autóctonas, en combinación con buenas prácticas agrícolas y ganaderas. En pensamientos análogos se han desarrollado

Regarding the use of silvopastoral systems, a study carried out by Del Pozo (2019) showed that the inclusion of trees and shrubs (protein and multipurpose) in cattle farms is a valid approach to produce and conserve natural resources in a way sustainable. It fosters a sustained increase in forage production, milk production, increases in daily earnings per animal and a decrease in the age of incorporation to reproduction of the female bovine, additional production of firewood, among other resources; with economic efficiency and an improvement in animal welfare.

Similar results were obtained by Lopera *et al* (2015) who, through the adoption of increasingly complex silvopastoral systems and the gradual elimination of agrochemical inputs in a conventional farm, managed to reduce the cost of milk production, increase the quality and the price of it and improve food safety and energy efficiency.

In Cuba, research with the use of livestock agroforestry systems began at the Institute of Animal Science (ICA) and later at the Pastures and Forages Experimental Station "Indio Hatuey". The latter constitutes a leading center in the development of agroecological livestock in the country, with the implementation of various alternatives and the conversion of a large number of farms under its responsibility for actions.

With the aim of knowing the frequency of application of agroecological practices and their relationship with some bioproductive variables of economic interest, in dairy farms in Camagüey province, Tamayo *et al* (2017) identified that the implementation of these in Cuban livestock is still scarce. Among the main variants used are: waste treatment, animal traction, living fences, trees in the field, production of replacement animals, livestock-crop integration, sugarcane planting, King Grass planting, use of protein banks and use of Organic fertilizers.

In the Ecuadorian Amazon region, Alemán *et al* (2018) proposed as an agroecological alternative the implementation of protein banks, association of pastures with legumes, incorporation of

múltiples estudios (Reinoso *et al.*, 2019; Martínez *et al.*, 2019; Figueredo *et al.*, 2019).

Otra variante agroecológica, es el empleo de las fuentes renovables de energía. En el caso específico del agua, su demanda, distribución y abastecimiento en la ganadería, ocupa un lugar de vital importancia, con altos índices de consumo de energético; de ahí, que las tecnologías alternativas como el bombeo fotovoltaico y los molinos de vientos, resulten una necesidad inminente. Al respecto (Medinilla *et al.*, 2018), propusieron la implementación de los molinos de viento como una práctica viable para el suministro de agua.

A su vez, para mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la sustentabilidad de los sistemas pecuarios se han desarrollado estrategias agroecológicas, tales como, arreglos silvopastoriles vinculadas a productores de escasos recursos económicos, como opción para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático, bajo la premisa de que las especies arbóreas y arbustivas mejoran la calidad del forraje y nutrición animal y pueden disminuir las emisiones de los gases con efecto invernadero e inducir la sustentabilidad de los sistemas (Alayon *et al.*, 2016).

Por su parte Milera *et al.* (2019) refieren que el manejo de sistemas de pastoreo racional intensivo, contribuye a desarrollar una ganadería baja en emisiones. Estos autores afirman que existen resultados en el manejo racional de diferentes gramíneas mejoradas y su efecto en la estabilidad de la composición florística, la disponibilidad de materia seca, las plagas y enfermedades, el reciclaje de nutrientes, la biota del suelo y la fitomasa subterránea.

La importancia de utilizar este tipo de manejo se fundamenta en que de acuerdo con la FAO (2017), la ganadería en el mundo es responsable del 14,5 % de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales ascienden a 7 100 000 000 de toneladas de CO₂ por año. Dichas emisiones en el sector ganadero pueden reducirse entre un 14 % y 41 %, mediante la adopción de mejoras en: la dieta, la calidad de los concentrados, la salud animal, la gestión del estiércol de los rebaños y el uso energético eficiente (Rivera *et al.*,

autochthonous breeds, in combination with good agricultural and livestock practices. In analogous thoughts, multiple studies have been developed (Reinoso *et al.*, 2019; Martínez *et al.*, 2019; Figueredo *et al.*, 2019).

Another agroecological variant is the use of renewable energy sources. In the specific case of water, its demand, distribution and supply in livestock, occupies a place of vital importance, with high rates of energy consumption; hence, alternative technologies such as photovoltaic pumping and windmills are an imminent need. In this regard (Medinilla *et al.*, 2018), they proposed the implementation of windmills as a viable practice for water supply.

In turn, to mitigate the effects of climate change and improve the sustainability of livestock systems, agroecological strategies have been developed, such as silvopastoral arrangements linked to producers with limited economic resources, as an option to mitigate and adapt to the effects of climate change. , under the premise that tree and shrub species improve forage quality and animal nutrition and can reduce greenhouse gas emissions and induce the sustainability of systems (Alayon *et al.*, 2016).

For their part, Milera *et al.* (2019) refer that the management of intensive rational grazing systems contributes to developing low-emission livestock. These authors affirm that there are results in the rational management of different improved grasses and their effect on the stability of the floristic composition, the availability of dry matter, pests and diseases, the recycling of nutrients, the soil biota and the underground phytomass.

The importance of using this type of management is based on the fact that according to FAO (2017), livestock in the world is responsible for 14.5% of anthropogenic emissions of greenhouse gases (GHG), which amount to 7 100,000,000 tons of CO₂ per year. Said emissions in the livestock sector can be reduced between 14% and 41%, through the adoption of improvements in: diet, quality of concentrates, animal health, management of herd manure and efficient energy use (Rivera *et al.*, 2016). In Cuba, agriculture represents 18%

2016). En Cuba, la agricultura representa el 18 % del total de emisiones y de esta la fermentación entérica el 45 % de las emisiones de GEI (CITMA, 2015).

Suárez *et al* (2017) exponen un grupo de experimentos que han resultado exitosos en Cuba, a partir del desarrollo tecnológico y el fomento de la innovación asociados al biodiésel, el biogás y la gasificación de biomasa residual, con un favorable impacto económico, social y ambiental, así como un fuerte vínculo ciencia-sector productivo-decisores, en seis provincias cubanas, mediante la producción integrada de alimentos y energía, en armonía con el medio ambiente. A este propósito contribuye el proyecto internacional BIOMAS-CUBA, que ha generado resultados claves en el desarrollo de tecnologías y el fomento de la innovación, destacando la evaluación de plantas no comestibles con potencial para producir biodiésel; la concepción de una tecnología apropiada, que permite la producción integrada de alimentos y biodiésel a partir de los frutos de *Jatropha curcas*; la producción y utilización de biogás y bioabonos a partir de los efluentes de biodigestores; la gasificación de biomasa residual para generar electricidad; y el impacto económico, social y ambiental generado, con un fuerte vínculo entre comunidades rurales y decisores, así como con una notable vinculación ciencia-sector productivo (Suárez y Martín, 2015).

En diferentes países se ha recomendado el uso de biodigestores como un camino a la utilización racional de los residuos orgánicos ganaderos Raj *et al* (2018); Delgado(2018); Gavidia *et al* (2018); Solano (2019); Nogar *et al* (2019).

Según una investigación realizada en Argentina por Lavarello *et al* (2015), otra técnica de manejo agroecológico la supone el uso racional de antiparasitarios en rodeos lecheros de productores familiares, ya que se evita un gasto económico innecesario al productor y se reduce la presión de selección para la resistencia antihelmíntica. Por su parte (Graterol *et al.*, 2017) demostraron el potencial del aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) para el control de la mastitis subclínica, como sustituto de agentes químicos agresivos a la salud del hombre y el ambiente en general que son

of total emissions and of this enteric fermentation 45% of GHG emissions (CITMA, 2015).

Suárez *et al* (2017) present a group of experiments that have been successful in Cuba, based on technological development and the promotion of innovation associated with biodiesel, biogas and residual biomass gasification, with a favorable economic, social and economic impact, environment, as well as a strong link between science-productive sector-decision makers, in six Cuban provinces, through the integrated production of food and energy, in harmony with the environment. The international project BIOMAS-CUBA contributes to this purpose, which has generated key results in the development of technologies and the promotion of innovation, highlighting the evaluation of inedible plants with the potential to produce biodiesel; the conception of an appropriate technology that allows the integrated production of food and biodiesel from the fruits of *Jatropha curcas*; the production and use of biogas and bio-fertilizers from biodigester effluents; the gasification of residual biomass to generate electricity; and the economic, social and environmental impact generated, with a strong link between rural communities and decision-makers, as well as with a notable science-productive sector link (Suárez and Martín, 2015).

In different countries the use of biodigesters has been recommended as a way to the rational use of organic livestock waste Raj *et al* (2018); Delgado (2018); Gavidia *et al* (2018); Solano (2019); Nogar *et al* (2019).

According to a research carried out in Argentina by Lavarello *et al* (2015), another agroecological management technique involves the rational use of antiparasitics in dairy herds of family producers, since unnecessary economic expense to the producer is avoided and selection pressure is reduced for anthelmintic resistance. For their part (Graterol *et al.*, 2017) demonstrated the potential of Neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) for the control of subclinical mastitis, as a substitute for chemical agents aggressive to human health and the

tradicionalmente usados como desinfectantes postordeño.

Una producción agropecuaria sustentable debe ser compatible con la conservación de los recursos naturales, entre ellos el suelo. Por lo que es necesario mejorar el conocimiento sobre el manejo de los nutrientes en la ganadería. Sobre esta temática (Abbona *et al.*, 2016)

midieron el impacto de la producción de carne y leche bovina en la conservación de los nutrientes del suelo en una provincia de Argentina, y concluyeron que ambos enfoques implican la extracción de grandes cantidades de nutrientes (N, P, K, Ca, S) del suelo.

Iermanó *et al* (2017) proponen a la materia orgánica como manejo indispensable para la reposición de las propiedades del suelo; ya que favorece la retención de agua, la estructura del suelo, la biodiversidad edáfica, la descomposición y la fertilidad. En el sistema estudiado por dichos autores, se potenció la integración de los distintos subsistemas, reutilizando todos los residuos orgánicos (restos de cosecha y bostas) a través de técnicas de compostaje y lombricultura. Dado que con la cosecha salen nutrientes del sistema, se requiere del aporte externo de los mismos para mantener en equilibrio la reserva de nutrientes del suelo (Suárez *et al.*, 2019).

Leguía *et al* (2018) analizaron algunos mecanismos que regulan la productividad en sistemas de producción mixtos: aportes de restos orgánicos, actividad de agentes biológicos favorables o adversos y subsidios entregados. El análisis reveló que una cadena trófica extensa y diversa unida a un manejo conservacionista de suelo, favorece el control natural de plagas, el papel biológico en la fertilidad integral del suelo y favorables balances de materia orgánica y nutrientes. La sustentabilidad del sistema deriva de un manejo integrador que permite la estabilidad de la capacidad productiva, ahorro de insumos que mejoran la eficiencia energética y reducción de impactos ambientales negativos.

La Investigación Acción Participativa representa una concepción de trabajo social imprescindible para desarrollar la agricultura bajo un enfoque

environment in general that they are traditionally used as post-milking disinfectants. A sustainable agricultural production must be compatible with the conservation of natural resources, including the soil. Therefore, it is necessary to improve knowledge about the management of nutrients in livestock. On this subject (Abbona *et al.*, 2016) they measured the impact of bovine meat and milk production on the conservation of soil nutrients in a province of Argentina, and concluded that both approaches involve the extraction of large amounts of nutrients (N, P, K, Ca, S) from the soil.

Iermanó *et al* (2017) propose organic matter as an essential management for the replacement of soil properties; since it favors the retention of water, the structure of the soil, the edaphic biodiversity, the decomposition and the fertility. In the system studied by these authors, the integration of the different subsystems was promoted, reusing all organic waste (harvest remains and manure) through composting and low-agriculture techniques. Since nutrients leave the system with the harvest, an external contribution is required to maintain bring the soil nutrient reserve into balance (Suárez *et al.*, 2019)

Leguía *et al* (2018) analyzed some mechanisms that regulate productivity in mixed production systems: contributions of organic remains, activity of favorable or adverse biological agents and subsidies provided. The analysis revealed that an extensive and diverse trophic chain, together with a conservationist soil management, favors the natural control of pests, the biological role in the integral fertility of the soil and favorable balances of organic matter and nutrients. The sustainability of the system derives from an integrative management that allows the stability of the productive capacity, savings of inputs that improve energy efficiency and reduction of negative environmental impacts.

Participatory Action Research represents an essential social work conception to develop agriculture under an agroecological approach, since it promotes commitment to social change

agroecológico, ya que promueve el compromiso con el cambio social y permite el empoderamiento de los actores para que decidan y gestionen su propio cambio; razón que la convierte en una metodología científica altamente implementada (Álvarez *et al.*, 2018; Rappaport, 2018).

Gallego (2019) realizó un análisis de indicadores agroecológicos de sustentabilidad en Colombia, desde el enfoque social, y demostró que comprender las interacciones de los ganaderos con sus agroecosistemas, ayuda a crear una base de información que a futuro permite mejorar las estrategias de desarrollo sostenible y lograr resultados positivos sobre el medio ambiente. En una misma línea de acción (Pérez *et al.*, 2015) implementaron ejercicios de comunicación con los productores de los bordes urbanos rurales de la región pampeana de Argentina, a partir del análisis de los procesos de innovación que ocurren en esos márgenes, que involucran también a otros actores de la sociedad ciudadana, los cuales pudieran conectarse desde singulares convergencias ante diferentes técnicas productivas.

Si en los diferentes escenarios se combinan varias de las prácticas que han resultado exitosas, siempre que estas se ajusten al contexto existente, se pueden obtener sistemas sustentables para la producción de alimentos. Esto constituye una necesidad, en aras de lograr una agricultura ecológicamente sana, económicamente viable y culturalmente aceptada.

Conclusiones

De acuerdo al análisis de la literatura consultada, se puede concluir que:

1. El sector lechero cubano presenta un elevado deterioro tecnológico, biológico, económico y social, que ha repercutido en un declive de la productividad.
2. El manejo eficiente de los flujos de energía en los sistemas ganaderos de leche, permite satisfacer los requerimientos energéticos de la población con un reducido impacto ambiental, social y económico.
3. La agricultura constituye una fuente de energías renovables a partir de la biomasa, que brinda múltiples ventajas para la sustitución y/o reducción del empleo de combustibles fósiles.

and allows the empowerment of actors to decide and manage their own change; reason that makes it a highly implemented scientific methodology (Álvarez *et al.*, 2018; Rappaport, 2018).

Gallego (2019) carried out an analysis of agroecological indicators of sustainability in Colombia, from the social perspective, and showed that understanding the interactions of livestock farmers with their agroecosystems helps to create an information base that in the future allows improving sustainable development strategies and achieve positive results on the environment. Along the same line of action (Pérez *et al.*, 2015), they implemented communication exercises with producers from the rural urban edges of the Pampas region of Argentina, based on the analysis of the innovation processes that occur in those margins, which involve also to other actors of the city society, which could connect from singular convergences before different productive techniques.

If in the different scenarios several of the practices that have been successful are combined, as long as they are adjusted to the existing context, sustainable systems for food production can be obtained. This constitutes a necessity, in order to achieve an ecologically sound, economically viable and culturally accepted agriculture.

Conclusions

According to the analysis of the consulted literature, it can be concluded that:

1. The Cuban dairy sector shows a high technological, biological, economic and social deterioration, which has resulted in a decline in productivity.
2. The efficient management of energy flows in dairy farming systems allows satisfying the energy requirements of the population with a reduced environmental, social and economic impact.
3. Agriculture constitutes a source of renewable energies from biomass, which offers multiple advantages for the substitution and / or reduction of the use of fossil fuels.

4. La metodología de síntesis emergética contabiliza las contribuciones y servicios que brinda la naturaleza a los procesos productivos, lo cual permite cuantificar el valor real de los mismos.
5. Se hace inminente incorporar a la ganadería cubana las prácticas agroecológicas que han resultado exitosas en los diferentes escenarios, con el propósito de lograr sistemas sostenibles y resilientes que garanticen la soberanía alimentaria del país.

4. The emergetical synthesis methodology counts the contributions and services that nature provides to the productive processes, which allows to quantify their real value.
5. It is imminent to incorporate agroecological practices that have been successful in different scenarios into Cuban livestock, with the purpose of achieving sustainable and resilient systems that guarantee the country's food sovereignty.

Bibliografía / References

- Abbona, E.; Presutti, M.; Vázquez, M.; Sarandón, S.J. 2016. “Los sistemas de producción de carne y leche bovina en la Provincia de Buenos Aires ¿conservan los nutrientes del suelo?”, *Revista de la Facultad de Agronomía*, Vol. 115 (2): 251-63 pp.
- Acosta, A.; Betancourt, J.; Bu, A.; Fernández, P.; Mok, L.; Morales, C.; Valdés, A. 2017. “Estudio sobre la competitividad de la producción lechera cubana”.
- Alayon, J.A.; Jiménez, G.; Nahed, J.; Villanueva, G. 2016. “Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del sur de México”, *Agroproductividad*, ISSN 0188-7394, Vol 9 (9): 10-15 pp.
- Alemán, R.D.; Bravo, C.A.; Chimborazo, C. 2018. “Propuesta de manejo agroecológico de los sistemas ganaderos en la región amazónica ecuatoriana”. *Cuadernos de Agroecología*, ISSN 2236-7934, Vol.13 (1).
- Alonso, A.C.; Iribán, C.A.; Benítez, M. 2018. “Typology of cattle farms in a peasant community from southwest of Holguín, Cuba”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Vol. 52 (2).
- Altieri, M.A. 1997. “Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable”. *Clades*, La Habana, Cuba: 249 p.
- Alvarez, J.; Areosa, P., Molina, C.; Rodríguez, N.; De Hegedus, P. 2018. “Caracterización del sistema de innovación para la ganadería familiar en la región de la Sierras del Este de Uruguay”, *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable*, ISSN 2520-9760, Vol. 2 (3): 80–90 pp.
- Benítez, M.; Fernández, A.; Fernández, R.R.; Díaz, J.A. 2017. “Fundamentos teóricos para la gestión tecnológica en la relación universidad-empresa en el sector ganadero cubano”, *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho*, Vol. 13: 1–18 pp.
- Bravo, E.; López, E.; Romero, O.; Calvo, A.E.; Kiran, R. 2018. “La emergía como indicador de economía ecológica para medir sustentabilidad”, *Universidad y Sociedad*, Vol. 10 (5), 78-84 pp.
- Campos, P.N. 2016. “Eficiencia energética y rentabilidad económica de los sistemas de producción agroecológicos y agroindustrial”. Tesis de Maestría en Economía Ambiental y Económica: Facultad de Economía, Universidad Veracruzana; Veracruz, México, 92 p.
- Carmenate, O.; Pupo, C.; Herrera, J.A. 2019. “Propuesta de acciones para la reconversión agroecológica de una finca en el municipio Las Tunas”, *Cooperativismo y Desarrollo*, ISSN 2310-340X, Vol. 7 (2): 264–274 pp.
- Casimiro, L. 2016. “Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba”. Tesis de Doctorado en Agroecología: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia; Medellín, Colombia, 244 p.

- Cavalcanti, C. 2018. “De la Economía Convencional a la Economía Ecológica: el significado de Nicholas Georgescu-Roegen y la Encíclica Laudato Si’ del Papa Francisco”, *Gestión y Ambiente*, Vol. 21(1): 49-56 pp.
- Chilpe, J.P. 2018. “Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción hortícola pequeños y medianos de la Parroquia San Joaquín del Cantón Cuenca”. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca; Cuenca, Ecuador, 103 p.
- CITMA.2015. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- CMMAD.1987. Ambiente, C. M., & DESENVOLVIMIENTO-CMMAD, E. O., *Nuestro futuro común*.
- Contino, Y.; Iglesias, J.M.; Toral, O.D.; Blanco, J.; González, M.; Caballero, R. 2018:“Adopción de nuevas prácticas agroecológicas en tres unidades básicas de producción cooperativa”, *Pastos y Forrajes*, Vol. 41 (1): 53-63.
- de Dios, D.; Lazo, Y.; Morejón, M. 2019. “Evaluación bioenergética en la finca agroecológica “La Junta”, Pinar del Río, Cuba”.
- de Groot, O.J. 2018. “La cadena regional de valor de la industria de lácteos en Centroamérica”, CEPAL, *Publicación de las Naciones Unidas*.
- Del Pozo, P.P. 2019. “Los sistemas Silvopastoriles. Una alternativa para el manejo ecológico de los pastizales: Experiencias de su aplicación en Cuba”, *Cadernos de Agroecología*, ISSN 2236-7934, Vol. 14 (2).
- Del Pozo, P.P.; Vallim, C.; Ortega, E. 2014. “El análisis emergético como herramienta para evaluar la sustentabilidad en dos sistemas productivos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN -1010-2760, Vol. 23 (4): 59-63 pp.
- Delgado, N.M. 2018. “Propuesta de aprovechamiento de biogás obtenido a partir de estiércol de ganado vacuno para la implementación de un sistema de ventilación en la asociación de ganaderos de Lambayeque”. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Industrial: Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; Chiclayo.
- Denoia, J.; Monticos, S. 2010. “Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina)”, *Ciencia, Docencia y Tecnología*, Vol. 21: 145 p.
- Dussi, M.C.; Flores, L.B. 2018. “Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático”, *Interdisciplina*, Vol. 6 (14): 129-153 pp.
- Espinosa, J.A.; Ríos, L.A. 2016. “Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.), en comunidades afrodescendientes del Pacífico Colombiano (Tumaco-Nariño, Colombia)”, *Acta Agronómica*, ISSN: 0120-2812, Vol. 65 (3): 211-7 pp.
- FAO.2019 a: “Biannual report on global food markets”, *Food Outlook*, ISSN 978-92-5-131932-1.
- FAO.2017. “El trabajo de la FAO sobre el cambio climático”, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático; Roma,; *Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i8037s.pdf>*.
- FAO.2019 b: “Price and policy update”, *Dairy market review*.
- FAO; FEPALE .2012. “Situación de la lechería en América Latina y El Caribe en 2011”, *Producción y sanidad animal*.
- Fernández, A.2011. “Metodología para el perfeccionamiento del Sistema de Gestión Empresarial de las Cooperativas de Producción Agropecuarias tabacaleras de Pinar del Río”. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Económicas: Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba.
- Fernández, E.; Martínez, J.A.; Hernández, Martínez, V.; Moreno, J.M.; Collado, L.R.; Hernández, M. 2015. “Importancia nutricional y metabólica de la leche”, *Nutrición hospitalaria*, ISSN 0212-1611, Vol. 31 (1): 92-101pp.
- Fernández, L.; Ruiz-Godoy, J.2017. “La evolución discursiva de la sostenibilidad a la resiliencia: ¿Un problema ético?”. *Ecología Política*. 34-38 pp.

- Figueredo, L.; Curbelo, L.M.; Figueredo, R.; Spencer, M.C.; Estévez, J.A.; Ceró, A.E. 2019. “Persistencia de Leucaena cv Perú como banco de proteína y sus efectos en la producción de leche con vacas Holstein – Cebú”, *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, Vol. 3 (2): 163-75 pp.
- Fuentes, M.J.; Águila, M. 2016. “Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera “San Juan” del Municipio Cienfuegos”, *Revista Científica Agroecosistemas*, Vol. 4 (1) 30-37 pp.
- Funes-Monzote, F.R. 2009. “Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba”, *Estación Experimental “Indio Hatuey”*, 196 p.
- Funes-Monzote, F.R. 2017. “Integración agroecológica y soberanía energética”, *Agroecología*, Vol. 12 (1): 57-66 pp.
- Gallego, S.A.2019. “Análisis de Indicadores de Sustentabilidad Agroecológica en Pequeños Ganaderos de Primavera Vichada”. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales, Manizales – Colombia.
- Gliessman, S.R.; Engles, E; Krieger, R. 1998. “Agroecology: ecological processes in sustainable agricultura”, ISBN 978-1-57504-043-11998, Editorial Ann Arbor Press, Chelsea, MI. 357 p.
- Graterol, I. 2017. Puertas, A.L; Martínez, E.; Morillo, M.; Arias, N.; Miranda, I.: “Uso del aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) como alternativa agroecológica en el control de mastitis subclínica en bovinos en el municipio Acosta, estado Falcón”, *Koinonia*, ISSN 2542-3088, Vol. 2 (4): 180-93 pp.
- Guevara, F.; Rodríguez, L.A.; Saraoz, V.; La O, M.; Gómez, H.; Pinto, R. 2013. “Balance energético del sistema local de producción de bovinos de engorde en Tecpatán, Chiapas, México”, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, ISSN 0034-7485, Vol. 47 (4): 359-65 pp.
- Hernández, K.V. 2019. “Identificación de las fuentes potenciales de producción de biomasa presente en una granja agropecuaria en clima tropical. Tesis en opción al título de economista agropecuario: Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Iermanó, M.J.; Almada, C.; Sarandón, S.J. 2017. “Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas correntinos: una herramienta para avanzar hacia la transición agroecológica”, *X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos*, Buenos Aires, Argentina.
- IICA.2019. “El IICA aboga por sistemas productivos sostenibles en las lecherías de América”, *América Ganadería*, Ed. América, México, , Disponible en: <https://www.efe.com/efe/america/mexico/el-iica-aboga-por-sistemas-productivos-sostenibles-en-las-lecherías-de-América>.
- Infante, J.; Aguilera, E.; González, M. 2014. “La gran transformación del sector agroalimentario español. Un análisis desde la perspectiva energética (1960-2010)”, *Sociedad Española de Historia Agraria - Documentos de Trabajo*.
- Jiménez, M.N.; Casanovas, E. 2014. “Producción de leche y parámetros de calidad según tipo de Finca en el municipio de Cruces”, *Agroecosistemas*, Vol. 2 (1): 238-46 pp.
- Lavarello, H.A.; Schapiro, J.; Pérez, R.A. 2015. “Uso racional de antiparasitarios, un manejo ecológico en rodeos lecheros de productores familiares del área metropolitana de Buenos Aires, Argentina”, *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*, ISBN 978-950-34-1265-7, La Plata : Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- Leguía, H.L.; Pietrarelli, L.; Re, A. 2018. “Sustentabilidad de un sistema mixto mediante la integración del manejo de suelo, cultivos, animales y residuos”, *Agroecología*, ISSN 1980-9735, Vol. 13 (3).
- Llanos, E.; Astigarraga, L.; Jacques, R.; Picasso, V. 2013. “Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay”, *Agrociencia Uruguay*, Vol. 17 (2): 99-109 pp.
- Lopera, J.J.; Márquez, S.M.; Ochoa, D.E.; Calle, Z.; Sossa, C.P.; Murgueitio, E. 2015. “Producción agroecológica de leche en el trópico de altura: sinergia entre restauración ecológica y sistemas silvopastoriles”, *Agroecología*, Vol. 10 (1):79-85 pp.

- López, O.; Lamela, L.; Montejó, I.L.; Sánchez, T. 2015. "Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo", *Pastos y Forrajes*, Vol. 38 (1): 46-54 pp.
- Martínez, J.; Vázquez, H.J.; Torres, V.; Guevara, G.; Brunett, L. 2012. "Bases para el reordenamiento productivo de los sistemas lecheros cooperativos en la provincia de Ciego de Ávila". Tesis de Doctorado: Instituto de Ciencia Animal, Departamento de Producción y Alimentación de Rumiantes y Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez".
- Martínez, J.A.; Nápoles, N.; Fernández, H.; Curbelo, L.M.; Agüero, L.A. 2019. "Impacto del banco de proteína con *Leucaena leucocephala* cv Perú como complemento de gramíneas en la producción de leche de Búfalas Murrah". *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, ISSN 2602-8220, Vol. 3 (1).
- Medinilla, F.; Márquez, M.; Cabezas, I. 2018. "Potencial eólico para el bombeo de agua con molinos en cinco zonas de Sancti Spiritus", *Revista Infociencia*, ISSN 1029-5186, Vol. 22 (3): 82-90 pp.
- Milera, M.C.; Machado, R.L.; Alonso, O.; Hernández, M.B.; Sánchez, S. 2019. "Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones", *Pastos y Forrajes*, Vol. 43 (1).
- MINAG.2015. "Balance de uso y tenencia de la tierra"; 3ed., Ministerio de la Agricultura La Habana, Cuba: 22p.
- Monedero, F.2005. "Ahorro y eficiencia energética en la agricultura", *Cuadernos La Tierra*, 44-6 pp.
- Mrini, M.; Senhaji, F.; Pimentel, D. 2008."Energy Analysis of Sugar Beet Production Under Traditional and Intensive Farming Systems and Impacts on Sustainable Agriculture in Morocco", *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 20: (5).
- Nogar, A.G.; Chomicki, C.; Berdolini, J.L. 2019. "Bioenergía a partir de residuos ganaderos. Estado de situación en provincia de Buenos Aires", *Mundo Agrario*, ISSN 1515-5994, Vol. 20 (43): e110.
- Nova, A. 2018. "La agricultura en Cuba: transformaciones, resultados y retos", ASCE Eds., 80 p.
- Novoa, J. R.; Funes, M. F. 2016. "Agricultura familiar, naturaleza y sociedad", *Avances de la Agroecología en Cuba*, cap. 36; F. Funer & L. Vázquez Eds., Matanzas, Cuba.
- OECD-FAO.2019. "Chapter 7: Dairy and dairy products", *Agricultural Outlook*.
- ONEI.2017. "Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca". *Anuario estadístico de Cuba 2016*.
- Paredes, D.E.2018. "Sostenibilidad económica financiera de las estrategias para el manejo de residuos en sistema de producción ganaderos en las provincias de Napo, Manabí e Imbabura". Tesis de Maestría en Agricultura y Agronegocios Sostenible: Centro de Posgrados, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí.
- Pérez, M.; Scala, M.R.; Mascotti, M.; Pérez, R.A.; Faure, D.; Giordano, G.; Gaudino, C.A.; Beccaria, F.; Molfino, I.; Bertone, C. 2015. "Los márgenes de los centros: transformaciones en los bordes urbanorurales (BUR) en localidades agrarias pampeanas", *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*, ISBN 978-950-34-1265-7, La Plata: Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- Raj, D.; Gómez, H.; Del Carmen, N.; Ruiz, J.; Molina, L.F.; Jiménez, J.A. 2018. "Potencial de almacenamiento de carbono en áreas forestales en un sistema ganadero", *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, ISSN 2448-6671, Vol. 9 (48).
- Rappaport, J. 2017. "Visualidad y escritura como acción: Investigación Acción Participativa en la Costa Caribe colombiana", *Colombia Sociedad*, ISSN 0120-159x, 2256-5485, Vol. 41 (1): 133-56 pp.
- Reinoso, M.; Joseau, M.J.; Valdez, H.A. 2019. "Alternativas para el manejo agroecológico de especies leñosas arbustivas en agroecosistemas ganaderos del noroeste de Córdoba, Argentina", *Agriscientia*, Vol. 36: 1-14 pp.
- Rivera, J.E.; Chará, J.; Barahona, R. 2016. "Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, ISSN 1870-0462, Vol. 19 (3): 237-51 pp.

- Rodríguez, G. 2019. “Economía ecológica: hacia una ecología en la enseñanza de la economía”, *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (3): 89-104 pp.
- Roscoe, R.; Buurman, P. 2003. “Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol”, *Soil Tillage Res*, Vol. 70: 107-119 pp.
- Sabourin, E.; Patrouilleau, M.M.; Le Coq, J.F.; Vásquez, L.; Niederle, P. 2017. “Políticas públicas y transición hacia la agricultura sostenible sobre bases agroecológicas en Cuba”, 1ed.
- Solano, J.A. 2019. “Pre-factibilidad de generación de energía en zonas ganaderas mediante la Biodigestión de residuos agropecuarios como apoyo a la transición energética en Venezuela”, *Tekhné*, ISSN 1316-3930, Vol. 22 (3): 068-78.
- Suárez J, Martín G. 2015. Local innovation processes in Agroenergía focused on the mitigation and adaptation to the climate change in Cuba. A successful example of the science-productive sector links. Paper presented in 13th GLOBELICS International Conference, 23-25 September, Havana Conventions Palace. 10 p.
- Suárez, J.; Martín, J.; Cepero, L.; Blanco, D.; Savran, V.; Sotolongo, J.A. 2017. “Producción integrada de alimentos y bioenergía: la experiencia cubana”, *Agroecología*, Vol. 12 (1): 47-55 pp.
- Suárez, Y.; Selki, J.Y.; Delgado, M.A.; Pérez, A.; Picayo, M.A.; Pérez, A. 2019. “Manejo agroecológico integral en la finca Clemente Fumero para la soberanía alimentaria”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, ISSN 2254-7630.
- Tamayo, Y.; Cabrera, M.; Soto, S.; Fernández, N.; Uña, F.; Vásquez, R. 2017. “Prácticas agroecológicas en fincas privadas de Camagüey, Cuba”, *Producción Animal*, ISSN 2224-7920, Vol. 29 (1): 26-9.