

Use of diets with *Moringa oleifera* (stems + leaves) meals in laying hens

Utilización de dietas con harina de *Moringa oleifera* (tallos + hojas) en gallinas ponedoras

M. Valdivié, O. Mesa and Bárbara Rodríguez

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Email: mvaldivie@ica.co.cu

An amount of 36 L-33 laying hens, with 1618 g of liveweight and more than 80 % of laying, were used in order to evaluate productive performance of diets with 0, 10 and 20 % of *Moringa oleifera* meal, from 34 to 50 weeks of age. Birds were kept in individual cages, at a rate of 12 hens/treatment, according to a completely randomized design, with three treatments and 12 repetitions. Performance of laying hens had no differences among treatments with 0 and 10 % of moringa for variability (100 %), liveweight (1756 to 1765 g/bird), food intake (110 g/bird) and egg production (76 to 81 %). However, with 20 % of moringa on the diet, there was a reduction of laying in 14 % regarding control treatment. Moringa favored pigmentation of egg yolks. With 10 % of moringa, cost of needed food to produce a thousand eggs was lower than control. From a nutritional point of view, it was evident the possibility of using up to 10 % of *Moringa oleifera* (stems + leaves) meal in diets for laying hens between 34 and 50 weeks of age.

Key words: *forage, moringa, laying hens*

Price of maize and soy meal for laying hen feeding has increased significantly in the period 2008-2013 (Trade and Market Division 2013). It has reached almost unaffordable prices in the ports of the United States in early 2016: 290 USD / t of maize and 371 USD/t dollars of soybean meal, according to the Central Bank of Cuba (2016), regardless maritime fees, insurance and taxes that may increase those prices between 80 and 100 USD/ t for Cuban importers.

Moringa oleifera (leaves + stems) forage comes from a plant that yields large quantities of forage with more than 17% of crude protein and low content of anti-nutritional substances (Makkar and Becker 1997). Therefore, it has been successfully used in diets for laying hens, at levels from 5 to 10% (Kakengi *et al.* 2007, Olugbemi *et al.* 2010, Abou *et al.* 2011), as a partial substitute for maize and soybean meal, with positive economic results.

This study was conducted in order to characterize the productive performance of Cuban laying hens (L-33), between 34 and 50 weeks of age, using diets with 0, 10 and 20 % of *Moringa oleifera* (leaves+stems) as partial substitute of maize and soybean cake, imported in Cuba.

Materials and Methods

An amount of 36 L-33 laying hens, with 1,618 g of

Se utilizaron 36 gallinas ponedoras L-33, de 1618 g de peso vivo y más de 80 % de puesta, para evaluar el comportamiento productivo con la utilización de dietas con 0, 10 y 20 % de harina de *Moringa oleifera*, desde la 34 hasta las 50 semanas de edad. Las aves se alojaron en jaulas individuales, a razón de 12 gallinas/tratamiento, según diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y 12 repeticiones. El comportamiento de las gallinas ponedoras no difirió entre los tratamientos con 0 y 10 % de moringa para viabilidad (100 %), peso vivo (1756 a 1765 g/ave), consumo de alimento (110 g/ave) y puesta de huevos (76 a 81 %). Sin embargo, con 20 % de moringa en la dieta, se redujo la puesta en 14 % con respecto al tratamiento control. La moringa favoreció la pigmentación de la yema de huevo. Con 10 % de moringa, el costo del alimento necesario para producir un millar de huevos fue menor al del control. Nutricionalmente se evidenció la posibilidad de utilizar hasta 10 % de harina de *Moringa oleifera* (hojas + tallos) en dietas para gallinas ponedoras entre la 34 y 50 semana de edad.

Palabras clave: *forraje-moringa-gallinas ponedoras*

El precio del maíz y la harina de soya destinados a la alimentación de las gallinas ponedoras, se ha incrementado significativamente en el período 2008-2013 (Trade and Market Division 2013). Ha alcanzado precios casi impagables en los puertos de Estados Unidos de América a inicios del 2016: 290 dólares americanos/t de maíz y 371 dólares americanos/t de harina de soya, según el Banco Central de Cuba (2016), sin tener en cuenta el flete marítimo, seguros e impuestos que pueden elevar esos precios entre 80 y 100 dólares americanos/ t para los importadores cubanos.

La harina de forraje (hojas + tallos) de *Moringa oleifera* proviene de una planta que rinde elevadas cantidades de un forraje de más de 17 % de proteína bruta y bajo contenido de sustancias antinutricionales (Makkar y Becker 1997), por lo que se ha utilizado con éxito en las dietas para gallinas ponedoras, a niveles del 5 al 10 % (Kakengi *et al.* 2007, Olugbemi *et al.* 2010, Abou *et al.* 2011), como sustituto parcial de la harina de soya y del maíz, con resultados económicos positivos.

Este trabajo se realizó para caracterizar el comportamiento productivo de las gallinas ponedoras cubanas (L-33) al utilizar, entre 34 y 50 semanas de edad, dietas con 0, 10 y 20 % de harina de *Moringa oleifera* (hojas + tallos) como sustituto parcial del maíz y la torta de soya importadas en Cuba.

liveweight, between 34 and 50 weeks of age, and more than 80% of laying, in order to evaluate their productive performance, using diets with 0, 10 and 20 % of *Moringa oleifera*.

Birds were kept in individual cages, at a rate of 12 hens per treatment, according to a completely random design with three treatments (diets with 0, 10 and 20 % of *Moringa oleifera*) and 12 repetitions (a hen per cage). The statistical analysis was carried out with INFOSTAT statistical program (Di Rienzo *et al.* 2001). Differences among means were determined according to Duncan (1955).

Table 1 shows the composition and contribution of diets. Hens received 110 g of feedstuff/hen/day in individual feed troughs.

A hen was located per cage (40 cm in the front and 41 cm in the back), with a linear feeding trough of 40 cm in the front and two nipple water troughs per cage. They were exposed to 16 h of light and eight hours of darkness. These birds received no veterinary treatment or medicines during the 119 days of experimentation

The indicators controlled were daily mortality, daily intake/hen, initial liveweight, liveweight at 38 and 50 weeks of age, daily production of eggs and egg weight. Yolk pigmentation was evaluated every Wednesday according to Roche scale. Conversion (g of feed/egg) and metabolizable energy intake (ME) MJ/bird/d were also controlled, as well as crude protein (CP) g/bird/d, crude fiber g/bird/d and ether extract intake g/bird/d.

Weight of consumed feed, of eggs and individual weight of hens was measured with a digital scale FWE, with a range between 0 and 25 kg and 0.001 g of precision.

At the end of the experiment, at 50 weeks of age, all hens were weighed and eight birds/treatment were slaughtered. Their jugular was cut and they were bled to extract and weight the abdominal fat, liver, ovaries and oviduct. During the last week of research, egg samples were taken (10 per treatment) in order to determine their relative content of white, yolk and shell + membranes.

This study used Supergenius variety of moringa. It was cropped at ICA and, at 62 days after cutting, it was dried at the air and formulated considering their contribution of nutrients and ME: 89 % of dry matter, 17 % of crude protein, 13 % of crude fiber, 3.42 % of calcium, 0.1 % of available phosphorus, 0.52 % of methionine + cysteine, 0.78 % of lysine, 0.69 % of threonine, 0.25 % of tryptophan and 7.945 MJ of ME/kg.

Chemical composition of moringa was determined according to AOAC (2012), for DM, CP, CF, Ca and total phosphorus. Amino acid and ME contributions were taken from reports from Valdiviá and Cabezas (2015). Available phosphorus was estimated considering that

Materiales y Métodos

Se utilizaron 36 gallinas ponedoras L-33, de 1618 g de peso vivo y más de 80 % de puesta, para evaluar el comportamiento productivo al emplear dietas con 0, 10 y 20 % de harina de *Moringa oleifera* desde la 34 hasta la 50 semana de edad.

Las aves se alojaron al azar en jaulas individuales, a razón de 12 gallinas por tratamiento, según diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos (dietas con 0, 10 y 20 % de *Moringa oleifera*) y 12 repeticiones (una gallina por jaula). El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2001). Las diferencias entre medias se determinaron según Duncan (1955).

La composición y aporte de las dietas se muestra en la tabla 1. Las gallinas recibieron 110 g de pienso/gallina/día en comederos individuales.

Se alojó una gallina por jaula (40 cm de frente por 41 cm de fondo) con comedero lineal de 40 cm de frente y dos bebederos de niple (tetina) por jaula. Se dispuso de 16 h de iluminación y ocho de oscuridad cada día. Las aves no recibieron tratamientos veterinarios ni medicamentos durante los 119 d de experimentación.

Se controló la mortalidad diaria, consumo diario/gallina, peso vivo inicial, peso vivo a 38 y 50 semanas de edad, producción diaria de huevos y peso del huevo. La pigmentación de la yema se evaluó todos los miércoles mediante el abanico Roche. Se controló además, la conversión (g de pienso/huevo) y los consumos de energía metabolizable (EM) MJ/ave/d, proteína bruta (PB) g/ ave/d, fibra bruta (FB) g/ave/d y consumo de extracto etéreo g/ave/d.

El peso del alimento consumido, el de los huevos y el peso individual de las gallinas se midió con una pesa digital FWE, con escala de 0 a 25 kg y precisión de 0.001 g.

Al finalizar el experimento, a las 50 semanas de edad, se pesaron todas las gallinas y se sacrificaron ocho aves/tratamiento. Se cortó la yugular y desangró para extraer y pesar la grasa abdominal, hígado, ovarios y oviductos. Durante la última semana de investigación, se tomaron muestras de huevos (10 por tratamiento) para determinar su contenido relativo de clara, yema y cáscara + membranas.

La moringa utilizada fue de la variedad supergenius. Se cultivó en el ICA y a los 62 d poscorte se secó al aire y se formuló considerando el aporte de nutrientes y EM: 89 % de materia seca, 17 % de proteína bruta, 13 % de fibra bruta, 3.42 % de calcio, 0.1 % de fósforo disponible, 0.52 % de metionina + cistina, 0.78 % de lisina, 0.69 % de treonina, 0.25 % de triptófano y 7.945 MJ de EM/kg.

La composición química de la moringa se determinó según Latimer (2012), para MS, PB, FB, Ca y fósforo total. Los aportes de aminoácidos y EM se tomaron de lo informado por Valdiviá y Cabezas (2015). El fósforo disponible se estimó al considerar que las aves adultas utilizan 50 % del fósforo total.

Table 1: Diets with 0, 10 and 20 % of moringa meal (leaves + stems)

Raw matters for feed (%)	Moringa meal (%)		
	0	10	20
Maize	57.75	51.33	44.77
Soybean meal (44% CP)	27.92	25.20	22.55
Moringa meal	0	10	20
Plant oil	2.30	2.30	2.30
Dicalcium phosphate	1.70	1.70	1.76
Calcium carbonate	8.86	8.00	7.15
Salt	0.25	0.25	0.25
DL- methionine	0.22	0.22	0.22
Pre-mixture of vitamin and minerals	1.00	1.00	1.00
Calculated contribution	-	-	-
Crude protein, %	17	17	17
Metabolizable energy, MJ/kg	11.64	11.27	10.87
Available phosphorus, %	0.40	0.40	0.40
Total calcium, %	3.80	3.80	3.80
Methionine + cysteine, %	0.73	0.73	0.73
Lysine, %	0.86	0.86	0.85
Threonine, %	0.62	0.62	0.63
Tryptophan, %.	0.21	0.21	0.22
Lipids, %	5.87	4.74	4.60
Crude fiber, %	2.49	3.53	4.58

adult birds use 50 % of total phosphorus.

Prices of raw matters for feedstuffs, in American dollars, were: moringa meal (150 dollars/t), maize (354 dollars/t) soy bean meal (521.34 dollars/t), raw vegetal oil (1,663.81 dollars/t), dicalcium phosphate (501.98 dollars/t), calcium carbonate (94.68 dollars/t), salt (118.14 dollars/t), DL methionine (6063.96 dollars/t), pre-mixture of vitamins and minerals (617.52 dollars/t).

Results and Discussion

Viability was 100% in all treatments, demonstrating that the inclusion of 0, 10 and 20 % of *Moringa oleifera* meal on diets for laying hens caused no mortality, which is supported by studies of Valdivié and Cabezas (2015), who also included up to 40 % of *Moringa oleifera* meal on feedstuff for laying hens during 19 weeks of laying peak.

In this paper, crude protein and feed intake did not differ among compared treatments, because 110 g of feed/bird/d were offered and birds consumed it completely without leaving leftovers, and for being isoprotein diets. However, Table 2 shows that as the level of moringa within the diet increased, intake of ME/bird/d decrease. This was attributed to the relatively low content of ME within moringa forage (7.11 to 7.95 MJ of ME/kg), according to reports Valdivié and Cabezas (2015). It was also attributed to not formulating isoenergetic diets for reducing their cost, due to the use of vegetable oil, which has a price

Los precios de las materias primas para piensos, en dólares americanos, fueron: harina de moringa (150 dólares/t), maíz (354 dólares/t) harina de soya (521.34 dólares/t), aceite vegetal crudo (1663.81 dólares/t), fosfato dicálcico (501.98 dólares/t), carbonato de calcio (94.68 dólares/t), sal común (118.14 dólares/t), DL metionina (6063.96 dólares/t), premezcla de vitaminas y minerales (617.52 dólares / t).

Resultados y Discusión

La viabilidad fue de 100 % en todos los tratamientos, lo que demuestra que la inclusión de 0, 10 y 20 % de harina de *Moringa oleifera* en las dietas para gallinas ponedoras no provoca letalidad, lo que es avalado por los trabajos de Valdivié y Cabezas (2015), al incluir incluso niveles de hasta 40 % de harina de *Moringa oleifera* en los piensos para gallinas ponedoras durante 19 semanas del pico de puesta.

En este trabajo, el consumo de alimento y de proteína bruta no difirió entre los tratamientos comparados, porque se ofertaron 110 g de alimento/ ave/ d, que las aves consumieron totalmente sin dejar sobrantes, y por ser las dietas isoproteicas. Sin embargo, en la tabla 2 se observa que a medida que se incrementó el nivel de moringa en la dieta, se redujo el consumo de EM/ ave/d. Esto se atribuyó al relativamente bajo contenido de EM del forraje de moringa (7.11 a 7.95 MJ de EM/kg), según informes de Valdivié y Cabezas (2015) y a no formular isoenergéticamente las dietas para no elevar su costo en

of 941.50 USD/t (Central Bank of Cuba 2016) in the ports of the United States of America.

By increasing the level of moringa on the diet, its crude fiber content increased (Table 1). Therefore, crude fiber intake also increased (Table 2). However, by increasing the percent of moringa meal on the diet (Table 1), ether extract content (EE) was reduced. Because of this, EE intake decreased (Table 2).

This increase of crude fiber content and decreased of EE content explains the decrease of ME content of diets as the level of *Moringa oleifera* increases.

divisas, debido a la utilización del aceite vegetal, que tiene en los puertos de los Estados Unidos de América un precio de 941.50 dólares americanos/t (Banco Central de Cuba 2016).

Al incrementar el nivel de moringa en la dieta, aumentó su contenido de fibra bruta (tabla 1) y por tanto, el consumo de fibra bruta (tabla 2). Sin embargo, al aumentar el por ciento de harina de moringa en la dieta (tabla 1), se redujo su contenido de extracto etéreo (EE). Debido a ello, el consumo de EE disminuyó (tabla 2).

Ese aumento del contenido de fibra bruta y la

Table 2. Feed intake, nutrients and ME in laying hens between 34 and 50 weeks old

Indicators	Moringa meal (%)		
	0	10	20
Feed intake, g/bird/d	110	110	110
Protein intake, g/bird/d	18.7	18.7	18.7
ME intake, MJ/bird/d	1.28	1.24	1.20
Crude fiber intake, g/bird/d	2.74	3.88	5.03
EE intake, g/bird/d	6.45	5.21	5.06

Liveweight of laying hens at 38 and 50 weeks old had no differences among treatments (0, 10 and 20 % of moringa in diet) (Table 3). This shows that these levels of moringa not affect live weight of these birds between 34 and 50 weeks old. With higher levels of moringa in diets (40%), Valdivié and Cabezas (2015) found that laying hens gained no live weight during the laying peak and even lost weight. This was associated to low ME intake.

Egg production had no differences between control treatment and 10% of moringa (Table 3), because birds could meet their needs of crude protein, ME and other nutrients (Tables 1 and 2), according to the requirements established by Scott *et al.* (1982), NRC (1994), Rostagno *et al.* (2005), Santiago *et al.* (2011) for hens laying white eggs.

The use of diets with 10% of *Moringa oleifera* for laying hens, without damaging egg production, had already been indicated by Kakengi *et al.* (2007), Olugbemi *et al.* (2010), Abou *et al.* (2011), among other authors.

Table 3 shows that 20% of moringa in diet for laying

disminución del contenido de EE explica la disminución del contenido de EM que poseen las dietas a medida que se incrementa el nivel de *Moringa oleifera* en ellas.

El peso vivo de las gallinas ponedoras a las 38 y 50 semanas de edad no difirió entre los tratamientos (0, 10 y 20 % de moringa en la dieta) (tabla 3). Esto demuestra que estos niveles de moringa no dañan el peso vivo de estas aves entre las 34 y 50 semanas de edad. Con niveles más altos de moringa en las dietas (40 %), Valdivié y Cabezas (2015) encontraron que las gallinas ponedoras no ganaban peso vivo durante el pico de puesta e incluso, perdían peso. Esto lo asociaron al insuficiente consumo de EM.

La producción de huevos no difirió entre el tratamiento control y el de 10 % de moringa (tabla 3), debido a que las aves pudieron satisfacer sus necesidades de proteína bruta, EM y otros nutrientes (tablas 1 y 2), según los requerimientos establecidos por Scott *et al.* (1982), NRC (1994), Rostagno *et al.* (2005), Santiago *et al.* (2011) para las gallinas ponedoras de huevos blancos.

La utilización de dietas con 10 % de *Moringa oleifera* para gallinas ponedoras, sin dañar la producción de huevos, ya había sido indicado por Kakengi *et al.* (2007),

Table 3. Performance of laying hens between 34 and 50 weeks old (119 d of laying)

Indicators	Moringa meal (%)			SE ±
	0	10	20	
Liveweight at 38 weeks, g/bird	1687	1650	1642	31
Liveweight at 50 weeks, g/bird	1746	1765	1692	44
Egg laying, %	81 ^a	76 ^{ab}	67 ^b	4**
Conversion (grams of feed/ egg)	139 ^a	151 ^{ab}	173 ^b	11*
Egg weight, g	57.34 ^b	58.99 ^a	57.75 ^b	0.40*

Different letters in the same row indicate significant differences (P < 0.05)* (P < 0.05) **

hens between 34 and 50 weeks of age, reduced egg production, compared to control. This may be caused by the lowest ME intake performed by poultry from the treatment with 20% of moringa in this experiment (Table 2).

Kakengi *et al.* (2007) and Abou *et al.* (2011) agree that, regarding control diet without moringa, egg production is reduced with the inclusion of 15 or 20 % of moringa, while Valdivié and Cabezas (2015), with 20 % of moringa in young chickens from 20 to 25 weeks old, stated that laying was not affected compared to control.

In this study, diets were developed in the form of meal, as well as those of Kakengi *et al.* (2007) and Abou *et al.* (2011), while diets with 20 %, prepared by Valdivié and Cabezas (2015) were pelleted and offered *ad libitum*, aspect that should be researched in future studies because pelleting removes dustability of diets, increases their specific weight and improves their nutritional value (Leeson & Summers 2008).

In studies of Valdivié and Cabezas (2015), young hens receiving pelleted feed *ad libitum*, also had higher feed intake than those of control treatment, at 24 and 25 weeks old. This may explain, to some extent, that there were no differences for the production of eggs in these young birds with lower production capacity eggs found that of this study, based on age and reproductive physiology (Leeson and Summers 2008).

It is necessary to found out why sometimes diets with 15 or 20 % of *Moringa oleifera* forage meal enable a normal laying, and sometimes, egg production is reduced, when they are compared to a control diet without moringa, although it could be related and depend on multiple cause of variation in the contribution of nutrients, secondary metabolites, fiber components and ME in *Moringa oleifera* meals, according to reports of Joshi and Mehta (2010), Ogbe and Affiku (2011), Padilla *et al.* (2014), Förster *et al.* (2015), Leone *et al.* (2015), Savón *et al.* (2015), Valdivié and Cabezas (2015).

These authors attributed the variations in the contribution of nutrients, fiber, secondary metabolites and ME to genetic variations of plants, soil fertility, stress presence or absence in plants, state of growth-development-maturity, different cropping techniques, agro-climatic differences among countries or regions, type and intensity of solar radiation, pests and diseases, forage leaf/stem relation, drying methods and conditions, type of mills for forages, damages during storage, wrong sampling method and effects of chemical analysts and labs, among other aspects.

Table 3 shows the efficiency of feed use, expressed in grams of feed/produced egg. It indicates that there is no difference between control diet and that containing 10 % of moringa. This is logical because there were no differences for feed intake or laying among treatments

Olugbemi *et al.* (2010), Abou *et al.* (2011), entre otros.

En la tabla 3 se muestra que 20 % de moringa en la dieta para ponedoras entre las 34 y 50 semanas de edad, redujo la producción de huevos cuando se comparó con el control. Esto quizás se deba al menor consumo de EM realizado por las aves del tratamiento con 20 % de moringa en este experimento (tabla 2).

Kakengi *et al.* (2007) y Abou *et al.* (2011) coinciden en que con relación a la dieta control sin moringa, la producción de huevos se reduce al incluir 15 ó 20 %, mientras que Valdivié y Cabezas (2015), con 20 % de moringa en gallinas jóvenes de 20 a 25 semanas de edad encontraron que no se daña la puesta, cuando se comparaba con el control.

En este estudio, las dietas se elaboraron en forma de harina, lo mismo que las de Kakengi *et al.* (2007), Abou *et al.* (2011), mientras que las dietas con 20 %, elaboradas por Valdivié y Cabezas (2015) eran peletizadas y ofertadas *ad libitum*, aspecto que se debe investigar en trabajos futuros, ya que el peletizado elimina la pulverulencia de las dietas, incrementa su peso específico y mejora, en alguna medida, su valor nutritivo (Leeson & Summers 2008).

En el trabajo de Valdivié y Cabezas (2015), las gallinas jóvenes cuando recibieron el alimento en forma de pélet *ad libitum*, realizaron también mayor consumo de pienso que las del tratamiento control, a las 24 y 25 semanas de edad. Esto puede explicar, en alguna medida, que no se encontraran diferencias para la producción de huevos en esas aves jóvenes con menor capacidad de producción de huevos que las de este estudio, por razones de edad y fisiología de la reproducción (Leeson y Summers 2008).

Es necesario en trabajos futuros tratar de precisar por qué en ocasiones las dietas con 15 ó 20 % de harina de forraje de *Moringa oleifera* permiten obtener una puesta normal, y en otras ocasiones reducen la producción de huevos, cuando se comparan con una dieta control sin moringa, aunque ello se puede relacionar y depender de múltiples causas de variación en el aporte de nutrientes, metabolitos secundarios, componentes de la fibra y EM en las harinas de *Moringa oleifera*, según informes de Joshi y Mehta (2010), Ogbe y Affiku (2011), Padilla *et al.* (2014), Förster *et al.* (2015), Leone *et al.* (2015), Savón *et al.* (2015), Valdivié y Cabezas (2015).

Los autores citados atribuyeron las variaciones en el aporte de nutrientes, fibra, metabolitos secundarios y EM a variaciones genéticas de las plantas, fertilidad de los suelos, presencia o ausencia de estrés en las plantas, estado de crecimiento-desarrollo-madurez, diferentes técnicas de cultivo, diferencias agroclimáticas entre países o regiones, tipo e intensidad de las radiaciones solares, ataque de plagas y enfermedades, relación hoja/tallo del forraje, condiciones y métodos de secado, tipos de molino para forrajes, daños durante el almacenamiento, método de muestreo incorrecto y efectos de los laboratorios y analistas químicos, entre otros.

La eficiencia en la utilización de los alimentos, expresada en gramos de alimento/huevo producido, se

with 0 and 10 % of moringa. However, there were differences between 0 and 20 % de moringa in the diet because, with 20 % of moringa, laying decreased and intake did not differ, which was divided into 110 g/bird/d.

Egg average weight did not differ between treatments with 0 and 20 % of moringa meal in diets, but it was higher in the treatment with 10 % of moringa (table 3). This result was difficult to explain so the relative content of white, yolk and shell + membranes in the egg during the last week of experimentation. Table 4 shows these results.

Treatment with 10 % of moringa produced bigger eggs because they contained more white than the rest of the treatments (in absolute and relative values). This suggests better efficiency in the use of protein and amino acids for protein synthesis with 10 % of moringa.

muestra en la tabla 3. Indica que no hay diferencias entre la dieta control y la que contiene 10 % de moringa. Esto es lógico, ya que no hubo diferencias para el consumo de alimento ni para la puesta entre los tratamientos con 0 y 10 % de moringa. Sin embargo, entre 0 y 20 % de moringa en la dieta, si hubo diferencias, pues con 20 % de moringa se disminuyó la puesta y no difirió el consumo, que era racionado a 110 g/ave/d.

El peso promedio de un huevo no difirió entre los tratamientos con 0 y 20 % de harina de moringa en las dietas, pero fue mayor en el tratamiento con 10 % de moringa (tabla 3). Este resultado era difícil de explicar, por lo que se procedió a determinar el contenido relativo de clara, yema y cáscara + membranas en el huevo durante la última semana de experimentación. Estos resultados se muestran en la tabla 4.

El tratamiento con 10 % de moringa provocó huevos más grandes, ya que contenían más clara que los del resto

Table 4. Weight and content of egg in absolute and relative values at 50 weeks old (Mean and SE \pm)

Indicators in relative values	Moringa meal (%)			SE
	0	10	20	Significance
Egg weight, g	55.83 ^a	62.04 ^b	56.59 ^a	0.96 ***
Yolk (%)	29.95 ^a	25.68 ^b	27.69 ^c	0.44 ***
White (%)	58.94 ^a	63.33 ^b	60.06 ^a	0.65 ***
Shell (%)	11.11 ^a	10.99 ^a	12.25 ^b	0.37 ***
Indicators in absolute values	Moringa meal (%)			SE
	0	10	20	Significance
Yolk, g	16.63 ^b	15.88 ^a	15.63 ^a	0.24 **
White, g	33.00 ^a	39.38 ^b	34.04 ^a	0.82 ***
Shell, g	6.20 ^a	6.79 ^{ab}	6.93 ^b	0.20 *

Different letters in the same row indicate significant differences ($P < 0.05$).

* ($P < 0.05$) ** ($P < 0.01$) *** ($P < 0.001$)

Treatment with 10 % of moringa also produced lower yolk synthesis in absolute and relative values regarding control (table 4). This may be attributed to lower ME availability for synthesis of yolk lipids or to a decrease effect provoked by lipogenesis of this diets with high contents of *Moringa oleifera* meal. The same happened with the Mulard ducks fed 20, 30, 40, 45 and 60 % of tree forage meal in diets used by Mesa *et al.* (2015), or with White Leghorn replacement birds fed 20% of meal from this plant in diets used Mesa (2016).

Treatment with 10% of moringa had no differences in the content of shell in relative and absolute values regarding the control treatment.

Diet with 20% of moringa promoted higher content of shell in eggs (Table 4). This indicates a good use of calcium in the diet, despite being iso-calcic (table 1).

Calcium content of *Moringa oleifera* forage, Supergenius variety, ranges between 2.27% and 4.19%, according to Caro (2014), Bustamante (2014), Almeida

de los tratamientos (en valores absolutos y relativos). Esto sugiere mayor eficiencia en la utilización de la proteína y los aminoácidos para la síntesis proteica con esa dieta de 10 % de moringa.

El tratamiento con 10 % de moringa provocó también menor síntesis de yema en valores relativos y absolutos con respecto al control (tabla 4). Esto se puede atribuir a menor disponibilidad de EM para la síntesis de los lípidos de la yema o al efecto de disminución que provoca la lipogénesis de esas dietas con altos contenidos de harina de *Moringa oleifera*. Lo mismo ocurrió con los patos mular alimentados con 20, 30, 40, 45 y 60 % de harina de forraje de arbórea en dietas utilizadas por Mesa *et al.* (2015), o en las aves de remplazo White Leghorn que se alimentaron con 20 % de harina de la planta en dietas empleadas por Mesa (2016).

El tratamiento con 10 % de moringa no tuvo diferencias en el contenido de cáscara en valores relativos y absolutos con respecto al tratamiento control.

La dieta con 20 % de moringa promovió mayor contenido de cáscara en los huevos (tabla 4). Esto indica buen empleo del calcio de la dieta, a pesar de ser

(2015). Results of shell content with 20 % of moringa in the diet (table 4) show that calcium was efficiently used in this work.

White content with 20 % of moringa did not differ from control. This indicates that use efficiency of protein and amino acids of the diet with 20 % of moringa, for protein synthesis in the white, did not differ from control without moringa, although produced less total eggs than control treatment.

Diet with 20% of moringa promoted production of eggs with the same weight as the eggs of control diet (tables 3 and 4). However, these eggs contained less yolk than those of control diet, which could be associated with lower contribution of ME for lipid synthesis in the yolk or the cited reducer effect of lipogenesis.

In alfalfa meal, which is a forage meal rich in protein and high fiber content like moringa forage meal, ME values in birds are between 3.22 and 6.82 MJ ME/kg, according to Batal and Dale (2016) and Heuzé *et al.* (2016) that is associated to the content of crude fiber, EE, CP and ashes. It is possible that ME concentration, selected to formulate diets (7.94 MJ/kg) is over-dimensioned. Therefore, egg production and efficiency in the utilization of feed is damaged in this experiment, by including 20 % of moringa meal on the diet. In further experiments, ME increase should be evaluated in diets with 20% or more of *Moringa oleifera*.

Yolk pigmentation increased as moringa concentration increased in the diets (table 5). This is attributed to the contribution of carotenoid pigments from forage moringa (Abou *et al.* 2011, Moyo *et al.* 2011, Gakuya *et al.* 2014, Cabezas Valdivié and 2015, Mesa 2016).

In birds slaughtered at the end of the experiment at 50 weeks of age, abdominal fat content did not differ among treatments with 0 and 10 % of moringa meal (table 5), while diet with 20 % of moringa did not allow birds to retain or synthesize this abdominal fat and its presence was null or zero in the treatment with 20 %.

Liver weight did not differ among diets with 0 and 10% of moringa. However, with 20 % of moringa, it was lower than in the control treatment. This is also attributed to a reduction of lipid synthesis and less deposition of triglycerides in the liver, because the contribution of ME and ether extract was lower, and crude fiber contribution of this diet with 20 % of moringa meal was higher (table 1).

In birds, the organ responsible for the synthesis of fatty acids is the liver (Crespo 2003), which also serves for the storage of fat in migratory birds and those dedicated to the production of fatty liver, when consuming abundant carbohydrates, lipids or amino acids (Babilé 1989, Crespo 2003), or simply reduce its weight by consuming less energy.

isocálcicas (tabla1).

El contenido de calcio del forraje de *Moringa oleifera*, variedad Supergenius, oscila entre 2.27 % y 4.19 %, según Caro (2014), Bustamante (2014) y Almeida (2015). Los resultados del contenido de cáscara con 20 % de moringa en la dieta (tabla 4) demuestran que el calcio se utilizó eficientemente en este trabajo.

El contenido de clara del huevo con 20 % de moringa no difirió con respecto al control. Esto indica que la eficiencia del uso de la proteína y los aminoácidos de la dieta con 20 % de moringa, para la síntesis de proteína en la clara, no difirió del tratamiento control sin moringa, aunque produjo menos huevos totales que el tratamiento control.

La dieta con 20 % de moringa promovió la producción de huevos con el mismo peso que los huevos de la dieta control (tablas 3 y 4). Sin embargo, sus huevos contenían menos yema que los de la dieta control, lo que se podría asociar a menor aporte de EM para la síntesis de lípidos en la yema o al citado efecto reductor de la lipogénesis.

En la harina de alfalfa, que es una harina de forrajes rica en proteína y alto contenido de fibra como la harina de forraje de moringa, los valores de EM aves están entre 3.22 y 6.82 MJ de EM/kg, según Batal y Dale (2016) y Heuzé *et al.* (2016), lo que se asocia al contenido de fibra bruta, EE, PB y cenizas que contiene. Es probable que la concentración de EM seleccionada para formular las dietas (7.94 MJ/kg) esté sobredimensionada, y por ello la producción de huevos y la eficiencia en la utilización de los alimentos se haya dañado en este experimento, al incluir 20 % de harina de moringa en la dieta. En experimentos futuros se debe evaluar el incremento de EM en las dietas con 20 % o más de *Moringa oleifera*.

La pigmentación de la yema del huevo se incrementó a medida que aumentó la concentración de moringa en las dietas (tabla 5). Esto se atribuye al aporte de pigmentos carotenoides que realiza el forraje de moringa (Abou *et al.* 2011, Moyo *et al.* 2011, Gakuya *et al.* 2014, Valdivié y Cabezas 2015, Mesa 2016).

En las aves sacrificadas al finalizar el experimento a las 50 semanas de edad, el contenido de grasa abdominal no difirió entre los tratamientos con 0 y 10 % de harina de moringa (tabla 5), mientras que la dieta con 20 % de moringa no permitió que las aves conservaran o sintetizaran esta grasa abdominal y su presencia fue nula o cero en ese tratamiento con 20 %.

El peso del hígado no difirió entre las dietas con 0 y 10 % de moringa. Sin embargo, con 20 % de moringa fue menor que en el tratamiento control. Esto se atribuyó también a la reducción de la síntesis de lípidos y a menor deposición de triglicéridos en el hígado, debido a que el aporte de EM y extracto etéreo resultó menor, y fue mayor el aporte de fibra bruta que realizó esa dieta con 20 % de harina de moringa (tabla 1).

En las aves, el órgano responsable de la síntesis de los ácidos grasos es el hígado (Crespo 2003), que también sirve para el almacenamiento de la grasa en las aves migratorias y las dedicadas a la producción de

Inhibition of abdominal fat and decrease of liver weight, caused by diet with 20 % of moringa, may have been caused by insufficient ME intake or other unidentified factors that are able to reduce lipogenesis, as stated by studies of Mesa *et al.* (2015) and Mesa (2016).

Weight of ovaries did not differ among treatments with 0 and 10% of moringa (table 5). However, it was decreased in the treatment with 20 % of moringa, which produced fewer eggs. This could be associated with the lowest maturation of follicles and also to the lowest yolk synthesis (table 4).

Weight of oviducts was not damaged with the use of diets with 0, 10 and 20 % of moringa, suggesting their normal development and performance in all treatments.

The price per ton of feed was always cheaper with the inclusion of moringa on diets and, particularly, with 20% of moringa (Table 6).

In addition, as the price per ton of moringa meal was reduced, the price per ton of feed was also lower.

Table 6 shows the cost of feed needed to produce 1,000 eggs, stating that with 10% of moringa meal, it is 17 cents cheaper than control, while the inclusion of

hígado graso, cuando consumen carbohidratos, lípidos o aminoácidos en abundancia (Babilé 1989, Crespo 2003), o simplemente reducen su peso al consumir poca energía.

La inhibición de la grasa abdominal y la disminución del peso del hígado que provocó la dieta con 20 % de moringa, tal vez se debió a insuficiente consumo de EM o a otros factores sin identificar, que son capaces de reducir la lipogénesis, como evidencian los trabajos de Mesa *et al.* (2015) y Mesa (2016).

El peso de los ovarios no difirió entre los tratamientos con 0 y 10 % de moringa (tabla 5), sin embargo se redujo en el tratamiento con 20 % de moringa, que fue el que menos huevos produjo. Esto se podría asociar a la menor maduración de los folículos y también a la menor síntesis de yema (tabla 4).

El peso de los oviductos no se dañó con el empleo de las dietas con 0,10 y 20 % de moringa, lo que sugiere normal desarrollo y desempeño de estos en todos los tratamientos.

El precio de la tonelada de pienso siempre resultó más barato con la inclusión de moringa en las dietas y, en particular, con 20 % de moringa (tabla 6).

También, a medida que el precio de la tonelada de harina de moringa se redujo, fue menor el precio de la tonelada de pienso.

Table 5. Abdominal fat, liver weight, ovary and oviduct and pigmentation of yolk, at 50 weeks old

Indicators	Moringa meal in feed (%)			SE ±
	0	10	20	
Abdominal fat, g	24	17	-	5
Liver weight, g	45 ^a	40 ^{ab}	33 ^b	3*
Oviduct weight, g	60	61	67	4
Ovary weight, g	50 ^a	44 ^{ab}	38 ^b	3*
Yolk pigmentation, Roche scale	5.00 ^a	8.00 ^b	9.00 ^c	0.13***

Different letters in the same row indicate significant differences (P< 0.05)

* (P<0.05) *** (P<0.001)

Table 6. Cost of feed ton in American dollars and cost of feed necessary to produce 1,000 eggs

Economic indicators (American dollars)	Moringa meal in feed (%)		
	0	10	20
Prize of feed per ton	425.20	402.40	379.90
Cost of necessary feed to produce 1,000 eggs	63.35	63.18	73.70

20 % of moringa meal on the diet increased the cost of thousand eggs in 10.35 US dollars, when compared to control.

Results of this study showed the possibility of using up to 10 % of *Moringa oleifera* meal (leaves+stems) in diets for laying hens between 34 and 50 weeks old.

El costo del alimento necesario para producir 1000 huevos se presenta en la tabla 6, y muestra que con 10 % de harina de moringa es 17 centavos más barato que el control, mientras que la inclusión de 20 % de harina de moringa en la dieta encareció el costo del millar de huevos en 10.35 dólares americanos, cuando se compara con el control.

Los resultados de este estudio evidenciaron la posibilidad de utilizar hasta 10 % de harina de *Moringa oleifera* (hojas + tallos) en las dietas para gallinas ponedoras entre las 34 y 50 semanas de edad.

References

- Abou, E. F. M. K., Sarmiento, F. L., Santos, R. R. & Solorio, S. F. 2011. "Nutritional effects of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* leaf meal on Rhode Island Red hens' performance". Cuban Journal of Agricultural Science, 45(2): 163–169, ISSN: 2079-3480.
- Almeida, M. 2015. Indicadores morfofisiológicos y de salud en pollos de ceba colostomizados que consumieron harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*). M.Sc. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 87 p.
- Latimer, G. W. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed., Gaithersburg, Md.: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-83-7, Available: <http://www.amazon.com/Official-Methods-Analysis-OFFICIAL-ANALYSIS/dp/0935584838/ref=pd_sim_sbs_14_1?ie=UTF8&dpID=31iikC-xl2L&dpSrc=sims&preST=_AC_UL160_SR160%2C160_&refRID=101AB94246X0EM9N7XMW>, [Consulted: April 1, 2016].
- Babilé, R. 1989. La production de foies gras de canards de Barbarie (*Cairina moschata*): Aspects génétiques, nutritionnels et technologiques. Ph.D. Thesis, INPT, Toulouse, France, 231 p., Available: <<http://www.theses.fr/1989INPT008A>>, [Consulted: August 5, 2016].
- Banco Central de Cuba 2016. "Información Económica". Boletín Información Económica, 10(214): 1–2, RNPS-2330.
- Batal, A. & Dale, N. 2016. "Ingredient Analysis Table". In: Feedstuffs Reference Issue & Buyers Guide, Bloomington, Indiana: Feedstuffs, Available: <http://feedstuffs.com/mdfm/Feeess50/author/427/2015/11/Feedstuffs_RIBG_Ingredient_Analysis_Table_2016.pdf>, [Consulted: July 12, 2016].
- Bustamante, D. 2014. Efecto del aditivo biológico Vitafert en la utilización del nitrógeno en pollos de ceba alimentados con harina de forraje de *Moringa oleifera* var. supergenius. M.Sc. Thesis, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, 79 p.
- Caro, Y. 2014. Uso de la harina de forraje de *Moringa oleifera* var. supergenius en la alimentación de conejos de ceba Nueva Zelanda Blanco. M.Sc. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 56 p.
- Crespo, A. N. 2003. Reducción de la deposición de grasa abdominal en el pollo de carne mediante la modificación del perfil de ácidos grasos de la dieta. Ph.D. Thesis, Universidad Rovira i Virgili, España, 202 p.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2001. InfoStat. version 2001, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". Biometrics, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Förster, N., Ulrichs, C., Schreiner, M., Arndt, N., Schmidt, R. & Mewis, I. 2015. "Ecotype Variability in Growth and Secondary Metabolite Profile in *Moringa oleifera*: Impact of Sulfur and Water Availability". Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(11): 2852–2861, ISSN: 0021-8561, 1520-5118, DOI: 10.1021/jf506174v.
- Gakuya, D. W., Mbugua, P. N., Kavoi, B. & Kiama, S. G. 2014. "Effect of Supplementation of *Moringa oleifera* Leaf Meal in Broiler Chicken Feed". International Journal of Poultry Science, 13(4): 208–213, ISSN: 1682-8356.
- Heuzé, V., Tran, G., Boval, M., Noblet, J., Renaudeau, D., Lessire, M. & Lebas, F. 2016. Alfalfa (*Medicago sativa*). Feedipedia: Animal feed resources information system, Available: <<http://www.feedipedia.org/node/275>>, [Consulted: August 5, 2016].
- Joshi, P. & Mehta, D. 2010. "Effect of dehydration on the nutritive value of drumstick leaves". Journal of Metabolomics and Systems Biology, 1(1): 5–9, ISSN: 2329-1583.
- Kakengi, A., Kaijage, J. T., Sarwatt, S. V., Mutayoba, S. K., Shem, M. N. & Fujihara, T. 2007. "Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania". Livestock Research for Rural Development, 19(8), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd19/8/kake19120.htm>>, [Consulted: July 12, 2016].
- Leeson, S. & Summers, J. D. 2008. Commercial Poultry Nutrition. 3rd ed., Thrumpton, Nottingham: Nottingham University Press, 398 p., ISBN: 978-1-904761-09-9, OCLC: 460200884, Available: <<http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=457204>>, [Consulted: July 12, 2016].
- Leone, A., Fiorillo, G., Criscuoli, F., Ravasenghi, S., Santagostini, L., Fico, G., Spadafranca, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Pozzi, F., di Lello, S., Filippini, S. & Bertoli, S. 2015. "Nutritional Characterization and Phenolic Profiling of *Moringa oleifera* Leaves Grown in Chad, Sahrawi Refugee Camps, and Haiti". International Journal of Molecular Sciences, 16(8): 18923–18937, ISSN: 1422-0067, DOI: 10.3390/ijms160818923.
- Makkar, H. P. S. & Becker, K. 1997. "Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree". The Journal of Agricultural Science, 128(3): 311–322, ISSN: 1469-5146, DOI: null.
- Mesa, O. 2016. Alimentación de pollitas de reemplazo y gallinas ponedoras con harina de forraje de *Moringa oleifera*. M.Sc. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 50 p.
- Mesa, O., Valdiviév, M., Rodríguez, B. & Rabello, C. B. 2015. "Dietas con *Moringa oleifera* modifican las canales de los patos mular". Revista Cubana de Ciencia Avícola, 39(2): 23–32, ISSN: 0138-6352.
- Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A. & Muchenje, V. 2011. "Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves". African Journal of Biotechnology, 10(60): 12925–12933, ISSN: 1684-5315.
- National Research Council (NRC) 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th ed., Washington, D.C.: National Academy Press, 176 p., ISBN: 978-0-585-03711-0, OCLC: 42417371, Available: <<https://www.amazon.com/Nutrient-Requirements-of-Poultry/dp/0585037116?ie=UTF8&SubscriptionId=0JRA4J6WAV0RTAZVS6R2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=0585037116&linkCode=xml2&tag=worldcat-20>>, [Consulted: July 12, 2016].
- Ogbe, A. O. & Affiku, J. P. 2011. "Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health". The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 1(3): 296–308, ISSN: 1338-5178.
- Olugbemi, T. S., Mutayoba, S. K. & Lekule, F. P. 2010. "Evaluation of *Moringa oleifera* leaf meal inclusion in cassava chip

- based diets fed to laying birds”. *Livestock Research for Rural Development*, 22(6), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://lrrd.cipav.org.co/lrrd22/6/olug22118.htm>>, [Consulted: July 12, 2016].
- Padilla, C., Fraga, N., Scull, I., Tuero, R. & Sarduy, L. 2014. “Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleifera* vc. Plain”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(4): 405–409, ISSN: 2079-3480.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F. de, Lopes, D. C., Ferreira, A. S. & Barreto, S. L. de T. 2005. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2nd ed., Viçosa, Brasil: Universidad Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia, 186 p., OCLC: 69924599.
- Santiago, R. H., Teixeira, A. L. F., Lopes, D. J., Cezar, G. P., Flávia, de O. R., Clementito, L. D., Soares, F. A., Toledo, B. S. L. & Frederico, E. R. 2011. *Tablas Brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. Salguero, C. S. C. & Prada, L. J. A. (trans.), Santiago, R. H. (ed.), 3rd ed., Brasil: Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Viçosa, 259 p., Available: <http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/126-tablas_brasileras_aves_cerdos.pdf>, [Consulted: July 16, 2016].
- Savón, L., Scull, I., Bustamante, D., Almeida, M. & Caro, Y. 2015. “Aspectos fisiológicos de la utilización de *Moringa oleifera* (moringa) en la alimentación de especies monogástricas”. In: V Congreso de Producción Animal Tropical, Palacio de Convenciones, La Habana, Cuba: EDICA, pp. 331–337, ISBN: 978-959-7171-70-6.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C. & Young, R. J. 1982. *Nutrition of the chicken*. 3rd ed., Ithaca, N.Y.: M. L. Scott of Ithaca Pub., 562 p., ISBN: 978-0-9602726-2-4, OCLC: 8424850, Available: <http://www.betterworldbooks.com/nutrition-of-the-chicken-id-0960272623.aspx&utm_source=Affiliate&utm_campaign=Text&utm_medium=booklink&utm_term=3630151&utm_content=Homepage>, [Consulted: July 12, 2016].
- Trade and Market Division 2013. *Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets*. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), p. 139, ISSN: 0251-1959, 1560-8182, Available: <<http://www.fao.org/3/a-i4136e.pdf>>, [Consulted: July 12, 2016].
- Valdivié, M. & Cabezas, L. 2015. “Utilización del forraje y hojas de *Moringa oleifera* en la alimentación de aves, cerdos, conejos, peces y crustáceos”. In: V Congreso de Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba: EDICA, pp. 36–43, ISBN: 978-959-7172-70-6.

Received: November 19, 2014