

VALORACIÓN DEL USO DE DIETAS ALTERNATIVAS  
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EXPLOTACIONES  
PORCINAS DE PEQUEÑAS UNIDADES RURALES DE  
LA PARROQUIA EL ANEGADO, ECUADOR

**DOCTORANDO**

YHONNY ALFREDO VALVERDE LUCIO

**DEPARTAMENTO**

PRODUCCION ANIMAL



PROGRAMA DE DOCTORADO DE  
BIOCIENCIAS Y CIENCIAS  
AGROALIMENTARIAS DE LA  
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

TESIS DOCTORAL POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

OCTUBRE - 2023

TITULO: VALORACIÓN DEL USO DE DIETAS ALTERNATIVAS SOBRE LA  
PRODUCTIVIDAD DE LAS EXPLOTACIONES PORCINAS DE  
PEQUEÑAS UNIDADES RURALES DE LA PARROQUIA EL  
ANEGADO, ECUADOR

AUTOR: *Yhonny Alfredo Valverde Lucio*

---

© Edita: UCOPress. 2024  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/  
ucopress@uco.es](https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/ucopress@uco.es)

---



VALORACIÓN DEL USO DE DIETAS ALTERNATIVAS  
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EXPLOTACIONES  
PORCINAS DE PEQUEÑAS UNIDADES RURALES DE  
LA PARROQUIA EL ANEGADO, ECUADOR

ASSESSMENT OF THE USE OF ALTERNATIVE DIETS ON THE  
PRODUCTIVITY OF SWINE FARMS IN SMALL RURAL UNITS OF  
THE EL ANEGAD PARISH, ECUADOR

**DOCTORANDO**

Yhonny Alfredo Valverde Lucio

**DIRECTORES**

Dra. Evangelina Roderó Serrano

Dra. Ana González Martínez

**DEPARTAMENTO**

Producción Animal

**PROGRAMA DE DOCTORADO**

Biociencias y Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de  
Córdoba

TESIS DOCTORAL POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

OCTUBRE – 2023



**DOCTORANDA/O**

YONNY ALFREDO VALVERDE LUCIO

**TÍTULO DE LA TESIS:**

VALORACIÓN DEL USO DE DIETAS ALTERNATIVAS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EXPLOTACIONES PORCINAS DE PEQUEÑAS UNIDADES RURALES DE LA PARROQUIA EL ANEGADO, ECUADOR

**INFORME RAZONADO DE LAS/LOS DIRECTORAS/ES DE LA TESIS****(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma)**

La tesis Doctoral titulada “VALORACIÓN DEL USO DE DIETAS ALTERNATIVAS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EXPLOTACIONES PORCINAS DE PEQUEÑAS UNIDADES RURALES DE LA PARROQUIA EL ANEGADO, ECUADOR” ha sido realizada por Jonny Alfredo Valverde Lucio. Es fruto del trabajo durante los último cuatro años a partir de que iniciara la formación en el marco del Master de Experto Universitario en Investigación de la Universidad de Córdoba en Colaboración con la del Sur de Manabí (UNESUM). A lo largo de este periodo de tiempo el doctorando se ha formado en investigación aplicada a resolver los problemas del desarrollo económico de las poblaciones productoras de cerdos traspatio en las zonas rurales. El doctorando ha sido formado sobre el diseño y ejecución de experiencias en campo, recogida de datos, análisis de resultados, así como su interpretación y la redacción de publicaciones científicas. De tal manera que el desarrollo de la Tesis ha dado lugar a tres publicaciones científicas en revistas indexadas en la base de datos JCR de Web of Science (Q1), así como tres comunicaciones a congresos.

Los aspecto abordados han incluido distintos tipos de metodologías en función de los diferentes objetivos: Sistema sde análisis de conglomerados y Componentes principales, para la caracterización y tipificación de sistemas de producción porcina e identificación de los sistemas de alimentación; análisis biquímicos y bromatológicos de dietas para estudiar las potencialidades de las alternarivas alimenticias de subproductos de cultivos de Yuca y Malanga en el engorde de cerdos en la producción de tipo familiar; análisis de parámetros de crecimiento y rendimiento productivo con consideración a factores geográficos y de los distintos tratamientos alimenticios empleados; análisis de calidad de la canal y de la carne y efecto de los factores mencionados Las investigaciones realizadas tienen un intresante impacto a nivel científico, pero también de cara a ayudar en la mejora las economías de subsistencia de las comunidades rurales de los catones de Jipijapa (Ecuador) estudiadas, y del aprovechamiento de sisbproductos de cultivo con la consiguiente mejora a nivel ambiental al reducir la eliminación de residuos o basura en pro de agroecosistemas sostenibles y economía circular.

La publicaciones generadas han sido:

- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Alcívar Cobeña, J.L.; Rodero Serrano, E. Characterization and Typology of Backyard Small Pig Farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals* 2021, 11, 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>
- Valverde Lucio, A.; González Martínez, A.M.; Alcívar Cobeña, J.; Rodero Serrano, E. Caracterización socio productiva de familias campesinas productoras de cerdos traspatio en comunidades de Jipijapa – Ecuador. Libro de Actas XII Congreso de la Federación Iberoamericana de Razas Criollas y Autóctonas Ciclo Internacional De Conferencias Dr. Jorge De Alba. Edita Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto -FEAGAS. ISBN: 978-84-09-15340-4
- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Utilization of Cooked Cassava and Taro as Alternative Feed in Enhancing Pig Production in Ecuadorian Backyard System. *Animals* 2023, 13, 356. <https://doi.org/10.3390/ani13030356>
- Valverde Lucio, A.; González Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Caracterización bromatológica de fuentes de alimentación no convencional empleadas en la producción de cerdos. II Congreso

Internacional multidisciplinar de investigadores en formación. 2020. ISBN: 978-84-940063-8-8

- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Gabriel Ortega, J.; Rodero Serrano. Effects of alternative cassava and taro feed on the carcass and meat quality of fattening pigs reared under Ecuadorian backyard systems. *Animals* 2023, 13, 3086. <https://doi.org/10.3390/ani13193086>

- Valverde Lucio, A.; González Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Posibilidades de uso de alternativas alimenticias locales de la provincia de Manabí (Ecuador) para el engorde de cerdos (*Sus scrofa domesticus*). III Congreso Internacional multidisciplinar de investigadores en formación. 2021. ISBN: 978-84-940063-9-5

Las investigaciones realizadas tienen un interesante impacto a nivel científico, pero también de cara a ayudar en la mejora las economías de subsistencia de las comunidades rurales de los catones de JipiJapa (Ecuador) estudiadas, y del aprovechamiento de sisbproductos de cultivo con la consiguiente mejora a nivel ambiental al reducir la eliminación de residuos o basura en pro de agroecosistemas sostenibles y economía circular.

El trabajo realizado por el doctorando Jhonny Alfredo Valverde Lucio para la elaboración de la Tesis cumple con las condiciones exigidas para que con la misma pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

**Córdoba, a 19 de octubre de 2023**

**Las/los directoras/es**

RODERO SERRANO  
EVANGELINA - 30508678Y  
2023.10.19 13:53:48  
+02'00'

GONZALEZ  
MARTINEZ  
ANA MARIA -  
80070697S

Firmado digitalmente  
por GONZALEZ  
MARTINEZ ANA  
MARIA - 80070697S  
Fecha: 2023.10.19  
13:45:54 +02'00'

Fdo.: Evangelina Rodero Serrano y Ana  
González Martínez

## **DEDICATORIA**

Este logro alcanzado lo dedico de manera especial a mis padres (+) y mi familia, mi esposa Patricia y mis hijos Diana, Ismael, Emily y Saúl, Dios los bendiga.





## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por la vida y salud, a mi familia por ser el motor incentivador de alcanzar nuevas metas, siendo siempre la compañía idónea.

Hago extensivo mi agradecimiento a la Universidad Estatal del Sur de Manabí de la cual soy parte, por brindarme su apoyo durante el tiempo que duro el proceso formativo, así mismo agradezco a la Universidad de Córdoba España, por acogerme y darme la oportunidad de ser parte de su selecto grupo de doctorantes.

Agradecimiento especial a mis directoras de tesis: Doctoras Evangelina Rodero y Ana González, por su valioso y generoso aporte durante todo el proceso investigativo – formativo, de corazón muchas gracias.

De igual manera agradezco el importante aporte de jóvenes estudiantes ahora profesionales (Glenda, Yomaira, Omar, Gaibor, Víctor, Henry, Jonathan, Jhony, Jordy), que se sumaron con optimismo a los trabajos prácticos.

Finalmente agradecer a compañeros de labores, Fernando, José Luis, Johan, Carlos, Julio, Blanca, Juan, que siempre estuvieron dispuestos a extender su mano amiga colaborando desinteresadamente en oportunos momentos.



# ÍNDICE GENERAL

---



## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	13
INTRODUCCIÓN .....	19
1. <i>La producción de carne de cerdo en Latinoamérica</i> .....	21
2. <i>El consumo de carne de cerdo</i> .....	23
3. <i>La producción de cerdos en el Ecuador</i> .....	25
3.1. La producción de cerdos en la provincia de Manabí .....	27
3.2. Tipología de los cerdos explotados en Ecuador .....	29
3.3. Los sistemas de producción de porcino en Ecuador .....	33
3.4. La nutrición y la alimentación en la producción porcina sostenible .....	37
4. <i>Importancia socioeconómica de la cría de cerdos traspatio</i> .....	51
4.1. Caracterización sociocultural de la cría traspatio .....	53
4.2. Importancia económica y social de la producción porcina en Ecuador .....	55
4.3. La cría de cerdo traspatio en Ecuador .....	56
5. <i>Parámetros para la caracterización de la producción porcina</i> .....	58
<i>Consumo de alimento</i> .....	59
<i>Ganancia de peso</i> .....	59
<i>Conversión alimenticia</i> .....	60
<i>Relación Beneficio/Costo (B/C)</i> .....	61
<i>Costos de producción</i> .....	62
<i>Fisiología de la digestión alimenticia</i> .....	63
<i>Digestibilidad aparente</i> .....	65
<i>Digestibilidad aparente de alimentos alternativos</i> .....	66
<i>Influencia de los alimentos sobre el tracto gastro intestinal</i> .....	66
<i>Grasa</i> .....	68
<i>Variables tecnológicas de calidad de carne</i> .....	69

<u>El pH .....</u>	<u>71</u>
<u>Temperatura .....</u>	<u>72</u>
<u>Capacidad de retención de agua.....</u>	<u>73</u>
<u>Contenido de ácidos grasos .....</u>	<u>74</u>
<u>Contenido de colesterol.....</u>	<u>74</u>
<u>Proteína.....</u>	<u>75</u>
<u>Calidad nutritiva.....</u>	<u>75</u>
<u>JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS.....</u>	<u>78</u>
<u>OBJETIVOS .....</u>	<u>81</u>
<u>METODOLOGÍA.....</u>	<u>85</u>
<u>1. Metodología para la caracterización e identificación de tipologías en el sistema de cría de cerdo traspatio .....</u>	<u>87</u>
<u>1.1. Metodología para la encuesta a productores .....</u>	<u>89</u>
<u>1.2. Metodología para el análisis de la encuesta e identificación de tipologías</u>	<u>90</u>
<u>2. Metodología para el diseño de dietas alternativas a base de yuca y malanga .....</u>	<u>91</u>
<u>2.1. Metodología del análisis bromatológico de las dietas .....</u>	<u>92</u>
<u>2.2. Metodología para la preparación y suministro de las dietas.....</u>	<u>92</u>
<u>3. Metodología para la caracterización del desempeño productivo .....</u>	<u>93</u>
<u>6. Metodología para la calidad de la carne y del tracto gastro-intestinal .....</u>	<u>98</u>
<u>RESULTADOS.....</u>	<u>101</u>
<u>CAPITULO I. ....</u>	<u>105</u>
<u>Simple Summary .....</u>	<u>107</u>
<u>Abstract.....</u>	<u>108</u>
<u>1. Introduction.....</u>	<u>109</u>
<u>2. Materials and methods .....</u>	<u>113</u>

<u>2.1. Study Area and Data Origin .....</u>	<u>113</u>
<u>2.2. Statistical Analysis .....</u>	<u>116</u>
<u>3. Results .....</u>	<u>116</u>
<u>3.1. Characteristics of Jipijapa's Small Pig Farms.....</u>	<u>116</u>
<u>3.2. Multiple Correspondence Analysis (MCA) for Variation of Small Family Farms in Jipijapa .....</u>	<u>123</u>
<u>3.3. Cluster Analysis for the Typology of Small Pig Farms in Jipijapa .....</u>	<u>124</u>
<u>3.4. Characteristics of the types of family pig farms in Jipijapa.....</u>	<u>126</u>
<u>3.4.1. Group 1: Albajacal Wage Worker Creole Pig Breeders .....</u>	<u>131</u>
<u>3.4.2. Group 2: Intensive-breeding pigs .....</u>	<u>131</u>
<u>3.4.3. Group 3: Traditional type producers in the La Cuesta Community .....</u>	<u>132</u>
<u>3.4.4. Group 4: Farmers who owned their farm .....</u>	<u>133</u>
<u>3.4.5. Group 5: Professional farmers of Colón Alfaro .....</u>	<u>134</u>
<u>4. Discussion .....</u>	<u>135</u>
<u>5. Conclusions.....</u>	<u>142</u>
<u>CAPITULO II .....</u>	<u>145</u>
<u>Simple Summary .....</u>	<u>147</u>
<u>Abstract.....</u>	<u>148</u>
<u>1. Introduction.....</u>	<u>148</u>
<u>2. Materials and Methods .....</u>	<u>152</u>
<u>2.1. Geographical Location .....</u>	<u>152</u>
<u>2.2. Data Collection and Experimental Diets .....</u>	<u>153</u>
<u>2.3. Measurement for Production Performance and Digestibility .....</u>	<u>156</u>
<u>2.4. Economic Analysis .....</u>	<u>157</u>
<u>2.5. Statistical Analysis .....</u>	<u>158</u>
<u>3. Results and Discussion .....</u>	<u>159</u>



<u>3.1. Nutritional Composition of Cooked Cassava and Taro as Feed Alternatives to Replace Corn for Backyard Pigs</u> .....	159
<u>3.2. Growth and productive performance of backyard pigs in Ecuador reared on cooked cassava and taro feed alternative to corn</u> .....	161
<u>3.3. Ileal apparent digestion in backyard pigs fed cassava and taro to replace corn</u> .	169
<u>3.4. Economic analysis of treatments</u> .....	174
<u>4. Conclusions</u> .....	176
<u>CAPITULO III</u> .....	179
<u>Simple Summary</u> .....	181
<u>Abstract</u> .....	182
<u>1. Introduction</u> .....	183
<u>2. Materials and Methods</u> .....	185
<u>2.1. Selection and preparation of animals</u> .....	185
<u>2.2. Preparation and formulation of diets</u> .....	187
<u>2.3. Procedure for obtaining the data</u> .....	189
<u>2.4. Statistical analysis</u> .....	191
<u>3. Results</u> .....	191
<u>3.1. Pig carcass morphology</u> .....	191
<u>3.2. Fat tickness and content of pig carcass</u> .....	195
<u>3.3. Pork quality analysis</u> .....	197
<u>3.4. Morphometry characteristics of the gastrointestinal tract and visceral organs</u> . 199	
<u>3.5. Relationship between carcass measurements and morphometry of pigs' gastrointestinal tract</u> .....	202
<u>4. Discussion</u> .....	204
<u>5. Conclusions</u> .....	208
<u>DISCUSIÓN</u> .....	211

<u>4.1. Caracterización socio productiva de la cría de cerdos traspatio en sectores rurales del cantón Jipijapa .....</u>	<u>213</u>
<u>4.2. La yuca y malanga como alternativas alimenticias del cerdo de engorde .....</u>	<u>218</u>
<u>4.3 Efecto de la yuca y la malanga en el crecimiento del cerdo traspatio.....</u>	<u>219</u>
<u>4.4. Digestibilidad aparente en cerdos de engorde con la inclusión de yuca y malanga en su alimentación.....</u>	<u>221</u>
<u>4.5. Análisis económico de los tratamientos efectuados en el ensayo.....</u>	<u>222</u>
<u>4.6. Morfometría de la canal y del tracto gastro-intestinal, y calidad de la canal en cerdos de engorde alimentados con yuca y malanga.....</u>	<u>223</u>
<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>227</u>
<u>Conclusiones del CAPITULO I.....</u>	<u>229</u>
<u>Conclusiones del CAPITULO II.....</u>	<u>230</u>
<u>Conclusiones del CAPITULO III.....</u>	<u>231</u>
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u>	<u>233</u>
<u>ANEXO.....</u>	<u>263</u>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Producción de carne de cerdo de los principales países productores de Latinoamérica entre 2010 y 2020 (3tres3.com, 2021). .....	22
<b>Tabla 2:</b> Operacionalización de las variables dependientes e independientes	88
<b>Tabla 3:</b> Characteristics of socio-economic or structural confines of small pig producers of communities of El Anegado parish, Jipijapa (N = 55). .....	118
<b>Tabla 4:</b> Characteristics of the productive scope of small pig producers in communities of El Anegado parish, Jipijapa (N = 55). .....	120
<b>Tabla 5:</b> Descriptive statistics of pig production levels in El Anegado parish, Jipijapa (N = 55). .....	121
<b>Tabla 6:</b> Characteristics of the scope of use of local resources in feeding livestock on pig farms in communities of Jipijapa (N = 55). .....	122
<b>Tabla 7:</b> Factors of multiple correspondence analysis. ....	124
<b>Tabla 8:</b> Locations of farms of small producers of Jipijapa pigs in each identified group (% over the total of farms in the group). In brackets is the number of farms. ....	127
<b>Tabla 9:</b> Characteristics and comparative analysis of the five groups of small producers of backyard pigs in Jipijapa. In brackets is the number of farms. ..	128
<b>Tabla 10:</b> Nutritional composition of cooked cassava and taro. ....	159
<b>Tabla 11:</b> Nutritional value and composition of the used diets. ....	161
<b>Tabla 12:</b> Repeated measures analysis for the productive performance parameters. ....	162
<b>Tabla 13:</b> Productive performance (mean $\pm$ standard error (coefficient of variation)) of growing backyard pigs fed with different formulations from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).....	165

<b>Tabla 14:</b> Productive performance (mean $\pm$ standard error (coefficient of variation)) of backyard pigs fed in fattening stage with different formulations of cassava and taro in two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico). .....	168
<b>Tabla 15:</b> Chemical analysis of ileum content (mean $\pm$ standard error (coefficient of variation)) in backyard pigs fed with cooked cassava and taro in two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico). .....	170
<b>Tabla 16:</b> Analysis of apparent ileum digestion (mean values are of (%) protein content) in backyard pigs from Ecuador fed with alternative cooked cassava and taro diets. ....	173
<b>Tabla 17:</b> Cost and benefit/cost (USD) of each pig group fed with alternative feeding based on cooked cassava and taro. ....	176
<b>Tabla 18:</b> Nutritional value and composition of the used diets (Valverde et al., 2023). ....	188
<b>Tabla 19:</b> Morphological characteristics of carcasses (mean $\pm$ standard error (coefficient of variation)) of backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico). ....	193
<b>Tabla 20:</b> Fat contents of the carcass (mean $\pm$ standard error (coefficient of variation)) of backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with de cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico). ....	196
<b>Tabla 21:</b> Bromatological analysis of meat (mean $\pm$ standard error (coefficient of variation)) from backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with de cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico). ....	198

**Tabla 22:** Behavior of the digestive tract (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation) of backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with de cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

..... 200

**Tabla 23:** Pearson correlation coefficients between carcass characters and those of the gastrointestinal tract. .... 203

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de producción de los principales países productores de carne de cerdo de Latinoamérica para el periodo 2010 a 2020 (3tres3.com, 2021) .....	23
<b>Figura 2:</b> Consumo per cápita carne de cerdos (3tres3.com, 2021).....	25
<b>Figura 3:</b> Diseño experimental y metodología de análisis .....	87
<b>Figura 4:</b> Geographic location of sampling zones.....	114
<b>Figura 5:</b> Dendrogram for clustering and identification of groups of small pig farms in Jipijapa. ....	125
<b>Figura 6:</b> Cluster interaction and MCA dimensions.....	126
<b>Figura 7:</b> Geographic location of the sampling zones.....	153
<b>Figura 8:</b> Pigs used and the pigsties employment in the trial.....	154
<b>Figura 9:</b> The relationship between body traits and feed conversion ratio in each treatment. ....	162
<b>Figura 10:</b> Geographic location of the sampling zones (Valverde et al., 2023). .....	186



## **RESUMEN**

---





## RESUMEN

La presente tesis doctoral tuvo como objetivo el evaluar las posibilidades del uso de dietas alternativas locales en la producción de cerdos de las pequeñas unidades rurales de la Parroquia El Anegado (Ecuador), analizando los efectos cuantitativos y cualitativos de los productores, así como de su incidencia en los beneficios económicos.

Este documento doctoral está compuesto de tres capítulos, los cuales corresponden en principio una caracterización del sistema de producción de las pequeñas unidades productivas de cerdo “traspatio” en sectores rurales de la Parroquia El Anegado del Cantón Jipijapa, y que permitió identificar las prácticas alimenticias y los alimentos empleados tradicionalmente en la cría de cerdos. En una segunda fase del estudio se probaron tres tipos de dietas alternativas basadas en el uso de subproductos de yuca y malanga sobre el desempeño productivo de los cerdos durante las fases de cría y engorde en condiciones traspatio. Finalmente, se comprobó también el efecto de éstas alternativas en las características y cualidades de la canal. El desarrollo de cada uno de los objetivos planteados dio lugar a la publicación de tres artículos en revistas científicas indexadas en Scimago, Web of Science, Scopus y varias aportaciones a congresos que son mostrados en forma de capítulo de resultados.

El capítulo I aborda la caracterización socio-productiva de la cría de cerdos traspatio en sectores rurales del cantón Jipijapa. El estudio identificó cinco tipos de granjas productivas, siendo la ubicación, la edad, las actividades agrícolas, a participación de la mujer, la utilización de recursos autóctonos en la construcción de porquerizas, la genética de los animales y las fuentes de alimentos usados para los cerdos, los aspectos que marcaron las diferencias. El análisis determinó

que la crianza de cerdos en la región es fundamentalmente una actividad social ligada estrechamente a los cultivos de cada sector. Los trabajos que se derivaron de este capítulo se relacionan a continuación:

- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Alcívar Cobeña, J.L.; Rodero Serrano, E. Characterization and Typology of Backyard Small Pig Farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals* 2021, 11, 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>
- Valverde Lucio, A.; González Martínez, A.M.; Alcívar Cobeña, J.; Rodero Serrano, E. Caracterización socio productiva de familias campesinas productoras de cerdos traspatio en comunidades de Jipijapa – Ecuador. Libro de Actas XII Congreso de la Federación Iberoamericana de Razas Criollas y Autóctonas Ciclo Internacional De Conferencias Dr. Jorge De Alba. Edita Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto -FEAGAS. ISBN: 978-84-09-15340-4

El capítulo II presenta los resultados de ensayos en los que se incorporó a la dieta yuca y malanga como alimentos alternativos que fueron parte del pienso suministrado tanto en la etapa de crecimiento como de engorde. Como parte del estudio se analizó la productividad y la rentabilidad del empleo de alimentos alternativos, así como la asimilación de la proteína proveniente de la dieta a nivel del íleon. El alimento alternativo se dio cocinado, simulando las practicas realizadas por los productores de la localidad, y además, por ser una de las formas más apropiadas de suministrar alimentos, ya que su contenido de antinutrientes podría afectar a su digestibilidad de ser suministrados en crudo. Se probaron tres dietas, una basada en pienso estándar comercial balanceado y otras dos en las que el maíz fue reemplazado en porcentajes del 32 y 42% por

yuca y malanga combinadas a partes iguales. La composición bromatológica de las tres dietas fue analizada para asegurar las necesidades alimenticias de los cerdo. El ensayo se efectuó en 2 localidades, empleando un total de 42 cerdos castrados. Se determinó que el uso de alimentos alternativos reduce costos de producción sin afectar a la productividad, debido posiblemente a que la eficacia de la asimilación proteica no se vio disminuida con los aportes de yuca y malanga. De este ensayo se obtuvo los siguientes trabajos:

- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Utilization of Cooked Cassava and Taro as Alternative Feed in Enhancing Pig Production in Ecuadorian Backyard System. *Animals* 2023, 13, 356. <https://doi.org/10.3390/ani13030356>
- Valverde Lucio, A.; González Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Caracterización bromatológica de fuentes de alimentación no convencional empleadas en la producción de cerdos. II Congreso Internacional multidisciplinar de investigadores en formación. 2020. ISBN: 978-84-940063-8-8

Por último, el capítulo III se ha centrado en el estudio de la composición y la calidad de la canal en los cerdos durante el engorde, teniendo en cuenta el volumen de cada una de las partes de la canal, el rendimiento, su contenido de grasa muscular e intramuscular, y el comportamiento del tracto gastro intestinal ("TGI") y sus órganos anejos. Los tratamientos alimentarios que se probaron correspondieron metodológicamente a los mismos ensayos descritos en el capítulo II. De los resultados obtenidos se deduce que el uso de alternativas alimenticias producidas por subproductos de cultivo de yuca y malanga no afectan la calidad de la canal, ni al contenido de grasa superficial, aunque se observó menor contenido de grasa intramuscular en aquellos animales que se

alimentaron con yuca y malanga. Finalmente, se observaron diferencias en el comportamiento del TGI y sus órganos anejos, alcanzando un mayor desarrollo en aquellos grupos que recibieron alternativa alimenticia. Los trabajos científicos que correspondería a este último capítulo son los siguientes:

- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Gabriel Ortega, J.; Rodero Serrano. Effects of alternative cassava and taro feed on the carcass and meat quality of fattening pigs reared under Ecuadorian backyard systems. *Animals* 2023, 13, 3086. <https://doi.org/10.3390/ani13193086>
- Valverde Lucio, A.; González Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Posibilidades de uso de alternativas alimenticias locales de la provincia de Manabí (Ecuador) para el engorde de cerdos (*Sus scrofa domesticus*). III Congreso Internacional multidisciplinar de investigadores en formación. 2021. ISBN: 978-84-940063-9-5

Los resultados alcanzados determinan que el aprovechamiento de los subproductos agrícolas resultante del cultivo de yuca y malanga es una práctica habitual en la economía de los productores de cerdos criados traspatio en la Comunidad del Cantón de Jipijapa (Ecuador). Con esta práctica resulta productivamente factible como alternativa al objeto de reducir el uso del maíz en la formulación de piensos para la cría y engorde. A partir de análisis bromatológicos a los alimentos alternativos se proponen formulaciones de estas nuevas dietas que garantizaría cubrir los requerimientos nutritivos del animal. En lo que respecta a la yuca y malanga se determina que ambos productos deben incluirse cocinado y pueden combinarse hasta en un 42% del total de la dieta sin que se afecte la asimilación adecuada de nutrientes, la eficiencia productiva del animal vivo, ni la calidad de la carne, ni la eficacia productiva del animal vivo, ni

la calidad de la carne, aunque a efectos de rendimiento hay que tener en cuenta el incremento del TGI. Especialmente interesante resulta la disminución los costos de producción, motivando mejores beneficios económicos al productor traspatio, reduciendo la eliminación de residuos agrícolas y la dependencia del maíz.



# INTRODUCCIÓN

---





## 1. La producción de carne de cerdo en Latinoamérica

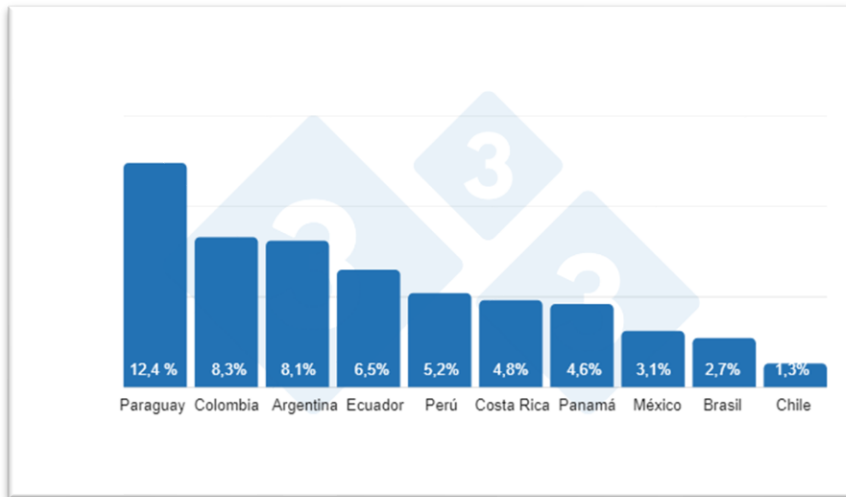
El cerdo doméstico (*Sus scrofa* spp.) se explota en todo el mundo, siendo su carne la de mayor consumo a nivel mundial, cuya demanda en las últimas décadas ha experimentado un fuerte incremento. De acuerdo con las estadísticas de FONTAGRO (2023), de los 312 millones de toneladas de carne que se produjeron a nivel mundial en el año 2020 – considerando carne bovina, porcina, aviar, ovino y caprino – el 18% fueron producidas en América Latina y el Caribe “ALC”; siendo la carne aviar aquella con un mayor nivel de producción (50%), seguida por la producción de carne bovina (35%) y carne porcina (16%). En lo que respecta a América Latina y el Caribe, el máximo productor cárnico es Brasil, el cual concentra más de la mitad de la producción total y es el principal productor tanto de carne bovina – con 19 millones de toneladas –, carne porcina – con 4.5 millones de toneladas – como carne aviar – con casi 13.8 millones de toneladas. Le sigue México, que resulta ser el segundo productor regional de carne porcina y aviar, con el 13% de la producción total; y más atrás encontraríamos a Argentina (FONTAGRO, 2023). La producción mundial de carne de cerdo se estimó en 122 millones de toneladas en 2021 (FAO, 2021). Así, los cinco primeros productores en el mundo son china (49%), Unión Europea (21,8%), Estados Unidos (9,9%), Brasil (3,1%) y la Federación Rusa (2,2%) (FAO, 2019).

De acuerdo a análisis realizados por la Comunidad Profesional Porcina (3tres3.com, 2021), se determina como los principales países productores de carne de cerdo en Latinoamérica a Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia, Perú, Ecuador, Costa Rica, Paraguay y Panamá (Tabla 1). El análisis del incremento económico de la porcicultura durante los últimos años, según los

cálculos obtenidos para la tasa de Crecimiento Anual Compuesto (CAGR) por (3tres3.com, 2021), muestra que el país que mostró el mayor crecimiento durante la última década fue Paraguay (262%), seguido de Colombia (141%), y Argentina (135%). En contraste, encontramos a Chile, que solo creció un 15,2% para el mismo periodo (Figura 1).

Producción miles de t	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Brasil	3.078	3.370	3.150	3.117	3.193	3.431	3.711	3.825	3.951	4.124	4.130
México	1.175	1.202	1.239	1.284	1.290	1.323	1.376	1.440	1.501	1.447	1.649
Argentina	279	301	331	416	442	484	522	567	621	610	655
Chile	498	528	584	550	520	524	508	496	534	530	574
Colombia	195	226	243	265	289	320	357	371	410	447	469
Perú	155	157	163	170	181	191	199	210	220	231	270
Ecuador	95	105	115	120	126	138	150	161	150	187	190
Costa Rica	44	46	48	48	51	53	62	63	67	68	74
Paraguay	18	21	23	27	29	36	43	45	55	58	64
Panamá	30	32	37	37	37	39	42	48	53	48	49
<b>Total</b>	<b>5.567</b>	<b>5.988</b>	<b>5.933</b>	<b>6.033</b>	<b>6.157</b>	<b>6.538</b>	<b>6.971</b>	<b>7.227</b>	<b>7.561</b>	<b>7.750</b>	<b>8.124</b>

**Tabla 1:** Producción de carne de cerdo de los principales países productores de Latinoamérica entre 2010 y 2020 (3tres3.com, 2021).



**Figura 1:** Tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de producción de los principales países productores de carne de cerdo de Latinoamérica para el periodo 2010 a 2020 (3tres3.com, 2021)

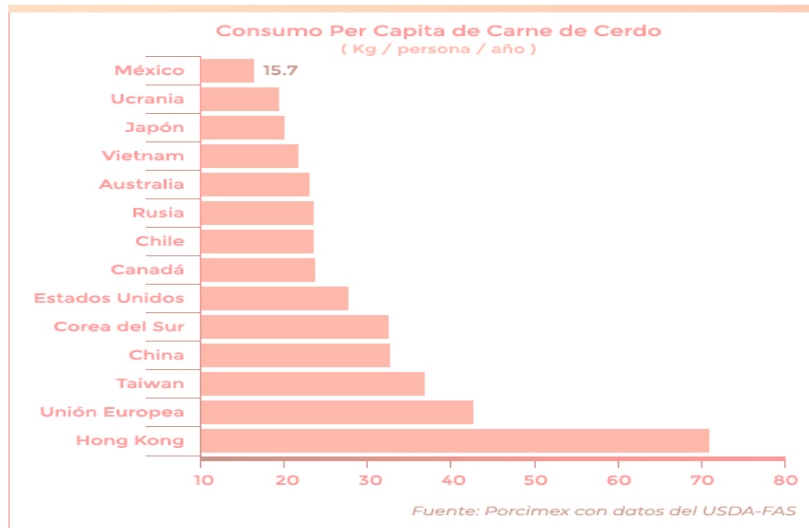
Los países analizados representan aproximadamente el 90% de la producción de Latinoamérica, presentando la región una evolución positiva, pasando de 5.566,748 t durante 2010 a 8.124,453 t en 2020, con una tasa de crecimiento consolidada del 44,9% y una CAGR total del 3,5%. Las probabilidades de crecimiento para los países latinoamericanos se mantendrían si se considera el incremento de la demanda de carne de cerdo en países asiáticos como China, Japón, Corea del Sur y Hong Kong, sumado a la diseminación de la Peste Porcina Africana en 13 países de Asia y parte de Europa, genera una mayor demanda de proteína que está siendo suplida en buena parte por países latinoamericanos (3tres3.com, 2021).

## 2. El consumo de carne de cerdo

Los países desarrollados presentan un consumo promedio de unos 30 Kg de carne por persona, en la UE superan los 40 kg, y China ha tenido una evolución positiva cercana también a los 40 kg, el doble que en 1990 (Sánchez Manuel,

2011), cantidad muy superior a Ecuador que alcanza los 10,5 Kg por persona (ASPE, 2016).

En este sentido FONTAGRO (2023) estima que el consumo de la carne de cerdo se aumentará en 129 millones de toneladas para el año 2031, siendo Europa la principal región consumidora de este producto pese a que, debido al menor costo y a una percepción de que es mejor para la salud, cada vez pierde más terreno frente a la carne aviar. El consumo de carne bovina aumentará hasta ubicarse en los 76 millones de toneladas en el mismo periodo, aunque el consumo per cápita de la misma se encuentra en disminución desde el año 2007. Sólo en Asia y, específicamente, en el sudeste asiático se espera que el consumo per cápita de carne bovina aumente. En el caso de China, se espera que en los próximos 10 años el consumo per cápita de carne bovina aumente en un 10% tras haber crecido más de un 50% en la década pasada. Por otro lado, se prevé que, en América y Oceanía, regiones donde la preferencia por la carne bovina es la más alta del mundo, el consumo per cápita bajará en países como Argentina, Canadá, Brasil y lo hará aún más en Oceanía. Por último, se espera que el consumo de carne ovina, mercado de nicho de algunos países, llegará a los 18 millones de toneladas y representará el 5% de la carne total consumida, pero se prevé que el consumo per cápita mundial continúe disminuyendo.



**Figura 2:** Consumo per cápita carne de cerdos (3tres3.com, 2021).

### 3. La producción de cerdos en el Ecuador

De acuerdo a los registros de la Asociación de Porcicultores de Ecuador (ASPE, 2022), el sistema predominante en Ecuador es la producción familiar traspatio (96%), siendo escasas las explotaciones de tipo comercial (3%) e industrial (1%).

En el año 2010 existían en Ecuador más de 100.000 Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs) de productores de cerdo traspatio lo que equivale a una población total de 1,400.000 de cerdos que generaban cerca de 89.000 t/año. Por otro lado, había 500 granjas tecnificadas que producían un total de 310.000 animales, lo que se traduce en una producción de 45.600 t (ProChile, 2013). Sin embargo, para el 2016 el panorama cambió, y la producción de granjas semi-tecnificadas y tecnificadas se incrementó hasta las 84.000 t/año, cayendo la producción traspatio a 54.000 t/año (ASPE, 2016). La tecnificación motivó incrementos productivos que alcanzan las 135.000 t/año, aproximadamente (AGROCALIDAD, 2013).

De acuerdo con las cifras emitidas por el sistema de Información del Agro del Ministerio de Agricultura y Ganadería, hasta el año 2015 se contaba con alrededor de 1.500,000 cerdos, de los cuales el 78% corresponde a cerdos criollos, el 20% a cerdos mestizos y solo el 2% es raza pura, destacando que el 76 % tiene fin productivo de carne, y el 24% restante se orienta a la reproducción (Sistema de Información del Agro SINAGAP, 2013).

Comparando estos resultados con los obtenidos en el Censo Agropecuario del año 2000, en el mismo estrato se observa una disminución del 46% en el número de granjas, pero un incremento del 19% del número de animales. El censo determinó que la producción porcina está representada en el 3% de los casos por grandes empresas (las cuales manejan el 73% de los animales), y un gran grupo de pequeñas y medianas granjas que corresponden al 97% del total, pero que poseen el 27% de los animales (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca MAGAP, 2010).

La encuesta agropecuaria realizada en el año 2018 indica que la producción de cerdo presentó cambios en sus sistemas productivos, de tal manera que en 18 años se incrementó del 2 al 53,6% la cría de cerdos de raza, el mestizo en alrededor del 21%, mientras que el cerdo criollo bajo del 78 al 25% (INEC - ESPAC, 2018).

En el año 2020 Ecuador presentó un incremento productivo al alcanzar una producción de 227.769 t y 1,969.922 cerdos, de los cuales 1,019.570 fueron de engorde, representando la producción porcina en Ecuador una importante fuente de empleo y de seguridad alimentaria, que, a su vez, genera 80.000 empleos (Muñoz-Ron Paola *et al.*, 2020).

Este cambio del sistema productivo se inició en los años 2000, cuando empresas visionarias trajeron genética de primer nivel y reformaron las instalaciones, tecnificando así tanto la producción porcina como los procesos de faenado, y agregando valor a los diferentes cortes del cerdo. En la actualidad la producción nacional resulta de una cabaña porcina compuesta por un total aproximado de 135.000 reproductoras, de las cuales el 37% (50.000 madres) se encuentran en explotaciones traspatio, el 22% (30.000 madres) en granjas que podrían clasificarse entre pequeñas y medianas, y el 41% (55.000 madres) en el segmento industrial, en el cual están las empresas líderes del sector. Precisamente, de acuerdo con estimaciones de Agrocalidad, en la actualidad existen 173.335 productores, de los cuales únicamente 35 tienen explotaciones con más de 1.000 madres (3tres3.com, 2021).

. Hoy en día, el sector porcicultor de Ecuador es muy competitivo en lo que respecta a los niveles de desempeño en maternidad, destete, gestación y engorde, lo que sitúa al país dentro de los mejores de la región (ASPE, 2020) con indicadores como 10 lechones vivos nacidos por madre y año en explotaciones traspatio, 22 en explotaciones comerciales y 28 a nivel industrial; asimismo, se tiene un rendimiento a la canal del 70% en traspatio y de 77% en los segmentos comercial e industrial. No obstante, se presentan complicaciones internas al establecer los costos de producción, pues estos son derivados de la fijación de precios del maíz y la producción nacional del grano.

### **3.1. La producción de cerdos en la provincia de Manabí**

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2013) indica que Santo Domingo es la provincia ecuatoriana con mayor número de cabezas de ganado porcino (608.075), seguido por Manabí (157.285) y Chimborazo (149.606),



resultando ser las provincias donde se establece la mayor parte de la producción porcina.

Manabí, tercera provincia más grande del país, lideraba hasta el año 2000 la explotación porcina nacional, pero actualmente ocupa el tercer lugar, disminuyendo en un 31% su producción (INEC - ESPAC, 2018), lo que sugiere la atención por parte de las autoridades locales.

La producción de cerdos del cantón Jipijapa (microrregión del sur de Manabí) hasta el año 2010 era de 15.330 cerdos, incrementándose un 61% con respecto al censo agropecuario del año 2000 (PDOT La América, 2015). Los productores porcinos de esta zona son campesinos cuya explotación es traspatio y emplean comúnmente cerdos mestizos o criollos provenientes de la raza ibérica introducida en la conquista española (Bravo Garzón, 2017). Este tipo de cerdo es empleado por su rusticidad, adaptación ambiental y alimenticia; esta última, aunque desequilibrada (con productos agrícolas de la zona), les permite asegurar su reproducción y producción de carne (Linares *et al.*, 2011).

Los productores de cerdos traspatio de los sectores rurales de Jipijapa no están asociados, de tal forma que no hay producción ni comercio asociativo; generalmente crían entre uno y cinco cerdos, aunque hay pequeños grupos de productores que crían en el mejor de los casos entre 10 y 20 cerdos. Sin embargo, es notorio que cada vez más unidades productivas han dejado la actividad porcina (Santistevan *et al.*, 2014). Este abandono de la actividad porcina lo confirma Jorge Páez, presidente de la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE, 2016), quien pone de manifiesto que, las granjas porcinas más grandes del país redujeron su producción un 20%; y las más pequeñas, en cambio, cerraron operaciones. El principal factor de este cambio es el alto costo

de producción, ya que la principal materia prima utilizada es el maíz, insumo con un elevado precio (Ramírez, 2017).

### **3.2. Tipología de los cerdos explotados en Ecuador**

En Ecuador, así como en la mayoría de los países de América latina, el cerdo tiene su origen en las razas ibéricas importadas durante el período de la conquista, existiendo algunos remanentes de estos ejemplares en sitios apartados del país con capacidades genéticas disminuidas – habiendo perdurado a lo largo de los siglos sobre todo el cerdo ibérico de tipo lampiño – adaptado a territorios que van hasta los 2.000 metros de altitud (Benites, 2017). En la conquista y colonización de América tuvo un papel básico en la nutrición, siendo su adaptación al medio la principal garantía de supervivencia para soldados y colonos. Su preponderancia en la alimentación se debió a que fue la primera especie que se desarrolló, desde las Antillas, así como en el continente, desde Nueva España hasta Tierra firme y Perú (Rodero et al., 1992). Su omnivorismo le permitía alimentarse con facilidad, no requerían cuidados especiales ni mucha mano de obra, se adaptaban a todo tipo de medios y su reproducción era sumamente pródiga (Justo del Rio, 1996).

#### **3.2.1. Los cerdos criollos**

Actualmente en Ecuador aún existen pequeñas explotaciones de cerdos denominados “Criollos” con base de aquellos cerdos ibéricos. Los pocos estudios morfo-fenotípicos y de ADN realizados en el Ecuador tan solo han permitido definir rasgos característicos de origen, pero sin haberse estandarizado ni avanzado hacia la determinación de Denominaciones de Origen como en otros países de latino América. Se destacan entre estos estudios de las características

morfológicas y fanerópticas de los cerdos criollos, el realizado por Luque Murillo (2015) en la provincia de Manabí, quien confirma que todos los cerdos Criollos sin importar la localidad, tiene rasgos que guardan similitud con el cerdo ibérico.

Vargas *et al.* (2015) estudió la estructura genética del cerdo Criollo Ecuatoriano e incluyó el análisis filogenético con otras razas porcinas, empleando un panel de 25 microsátélites. Los resultados de este estudio mostraron un menor distanciamiento entre la población ecuatoriana de Criollos y las latinoamericanas, siendo intermedios los valores con los genotipos españoles (Ibérico y Celta). El análisis de la estructura genética mostró que cuando se asume la existencia de seis poblaciones ancestrales (K=6), los individuos de Ecuador forman un grupo homogéneo. En dicho trabajo se concluyó que el cerdo criollo ecuatoriano comparte alelos con los criollos latinoamericanos de similar origen y que razas españolas aportaron a su formación. Todo ello apunta a un grado de diferenciación notable con la otras razas de cerdos latinoamericanos.

Por su parte Olmedo *et al.* (2021), en un estudio de características morfométricas realizado en el Cantón Guamote de la provincia de Chimborazo (Ecuador), confirma que el cerdo Criollo de esta localidad tiene características morfológicas similares al cerdo Ibérico de la variedad Gabana, con una capa totalmente negra sin manchas, mucosas oscuras, pelo largo y abundante, de perfil subcóncavo, dolicocefalo en el cual predomina el largo de su cara sobre el ancho, de buena profundidad de pecho la cual determina su funcionalidad y rusticidad, con una grupa de líneas convexas, muy bueno para la reproducción, de tamaño mediano con ausencia de mamellas y sindactilia. Por su parte Tituana *et al.* (2022), en un estudio realizado en varias comunidades de la provincia de Loja, confirmaron que las características morfológicas de los cerdos criollos de

este sector tienen su origen ibérico, aunque indicó en algunos casos vestigios de mestizaje.

En Colombia, país vecino, se han efectuados estudios genéticos, permitiendo diferenciar a los cerdos criollos según el lugar de su habital, como es el tipo “Congo Santandereano”, cerdo pequeño, de capa con manchas amarillas y negras, o blanco y rojo, sumisos y manejables, son fáciles de alimentar con cualquier recurso disponible en el hogar del campesino, con un peso no adulto de 35 a 40 kilos, que se alimenta de hierbas rústicas a su voluntad, asimismo con cascarras de papa, yuca y frutas. Estos estudios genéticos con ADN no fueron contundentes con respecto a su origen (Jiménez, 2017).

Otras de las razas criollas que se han definido son los cerdos criollos “Chocoanos” y el “Casco de Mula”. El primero se caracteriza por ser de diversos colores, entre los que se encuentra el amarillo, el negro, el rojo con o sin manchas generalmente de color negro. Se encuentra localizado desde el golfo de Urabá antioqueño, el pie de monte de este departamento, hasta la península de la Guajira, región que abarca los siete departamentos costeros y parte de Antioquia. El segundo, el cerdo “Casco de Mula”, posee una buena adaptación al medio, es rústico y resistente a muchas enfermedades, es pigmentado y tiene una gran capacidad de buscar su propio alimento y presenta la pezuña fusionada, lo que da su nombre (López Aguilar, 2016).

### **3.2.2. Razas de otros países presentes en Ecuador**

En la actualidad, Ecuador cuenta con diversas razas porcinas importadas de otros países. Una de estas razas es la Duroc Jersey, de origen estadounidense, de color rojo, aunque hay variaciones en tonalidades que van del amarillo claro

al rojo cerezo oscuro, con cuello corto y profundo, lomo largo y angosto, jamón ancho y bien cubierto de carne. El Duroc es un animal muy prolífico y de elevada rusticidad, presenta un buen desarrollo, excelente conversión y rápido crecimiento. La hembra puede llegar a pesar 380 kg y los machos 450 kg. Las hembras presentan una media de 8 lechones por camadas (Astudillo, 2013).

La raza Hampshire, originario de los Estados Unidos de América, es de cabeza pequeña, su pelaje es negro, pero presenta un cinturón blanco muy característico que cubre los miembros anteriores y parte de la cinchera. Las hembras presentan buena habilidad materna. Está conformada por animales con un aceptable rendimiento a la canal y alta calidad de carne. Las hembras pueden llegar a pesar 315 kg con una camada de 12 lechones en promedio y un rendimiento a la canal del 80%, mientras que los machos pueden llegar a pesar 450 kg (Añazco Dilas, 2015).

La raza Landrace es originaria de Dinamarca, de color blanco, presenta un perfil rectilíneo, cuerpo alargado, orejas en forma de viseras, una espalda recta, aplomos cortos y bien distribuidos y mamas bien conformadas. Se caracteriza por ser una excelente productora de leche lo cual le permite criar los lechones bien vigorosos. Las cerdas pueden llegar a pesar aproximadamente 310 kg con una camada de hasta 16 lechones, aunque varía entre 9 y 11; y los machos pueden llegar a pesar 400 kg. La raza presenta un rendimiento a la canal del 81%. . Esta raza por lo general tiene una buena ganancia de peso y una excelente conversión alimenticia (Astudillo, 2013).

Otras de las razas comunes es la Yorkshire, originario de Inglaterra, de color blanco, cara ligeramente cóncava, orejas de tamaño mediano y erecto (Astudillo, 2013). Presenta muy buena habilidad materna y producción de carne. Es una

raza utilizados como línea materna y lechera, ya que presenta numerosos lechones por camada y una excelente tasa de conversión alimenticia. Las hembras pueden llegar a pesar aproximadamente 350 kg y tener una camada de 9 a 10 lechones; los machos pueden llegar a pesar 420 kg. El rendimiento a la canal es del 82% (Añazco Dilas, 2015).

Una de las razas preferidas hoy en día es la Pietrain, originaria de Bélgica, tiene una capa blanca con manchas negras o rojas, cabeza pequeña, fuerte musculatura, produce carne magra, las hembras pueden llegar a pesar aproximadamente 260 kg con una camada de 9 lechones (índice reproductivo bajo), y los machos pueden llegar a pesar 300 kg (Astudillo, 2013).

### **3.3. Los sistemas de producción de porcino en Ecuador**

Con el objetivo principal de que el porcicultor alcance de una manera eficaz satisfacer las necesidades del consumidor con una carne de buena calidad y un alto valor nutritivo los sistemas de producción en Ecuador. Para ello, se dividen en tres grandes grupos: uno a nivel casero o traspatio con el 85% del total de Unidades de Producción, un nivel semi-industrial que corresponde al 4,8% y un nivel industrial con el 10,2% (Bologay, 2019).

#### **3.3.1. Sistema producción de cerdos traspatio de Ecuador**

El sistema cría traspatio en Ecuador cubre lo que serían los sistemas extensivos y semi-extensivo o semi-intensivos. La diferencia entre éstos radica en que el primero corresponde a un sistema rudimentario, en donde predominan animales criollos o mestizos, con índices bajos en los aspectos productivos y reproductivos (Escobar, 2017). En este tipo de explotaciones el animal vive en muchas ocasiones libremente en el campo, las construcciones son antiguas, la

inversión de capital es mínima y existe poca o ningún tipo de asistencia técnica (Bologay, 2019).

Este sistema ha sido adoptado por pequeños productores campesinos; está basado en la alimentación con desperdicios, la forma de manejo de la explotación es bastante precaria, tienen por lo general de 2 a 5 cerdos, y no hay ningún control sobre el comportamiento reproductivo de la piara y mucho menos de la producción, comercializándose el animal con peso promedio de 25 a 40 kilos y haciéndose el faenamiento en condiciones bastante deficientes (Samaniego, 2017).

En el sistema semi-extensivo el pequeño productor, de manera general, realiza planificaciones, tales como parideras, destete y alimentación del ganado en base a recursos naturales, residuos de alimentos y suplementación proteica (Buxadé, 1996). Las asistencias técnicas son ocasionales, los animales son productos del cruce de razas puras o mestizas y la alimentación puede darse con productos aprovechados de la localidad (Sanz *et al.*, 1994). En este tipo de sistemas el productor ha adoptado algunas prácticas de tecnificación. Existe una infraestructura de construcciones e inversión pequeña de capital, algunos equipos de fabricación artesanal (Herrera y Monar, 2006). Existe una combinación inteligente de características del sistema intensivo con el extensivo, para aprovechar racional y económicamente la superficie disponible, ofreciendo a los animales condiciones adecuadas de manejo y un ambiente sano (Samaniego, 2017).

De manera general, la producción de cerdo traspatio se trata de una producción familiar o de una producción comunitaria y de alcancías familiares, su producto es preferido por la población (FAO, 2016). Es considerada como una

actividad de la economía popular y solidaria, sector que en Ecuador representa el 65% de los puestos laborales y el 25% del Producto Interior Bruto (Torres Peñafiel *et al.*, 2017).

El evidente abandono de las actividades agropecuarias, entre ellas la cría de cerdos traspatio, por parte de los pequeños productores rurales es preocupante, considerando que, aunque complementarias, estas actividades son importantes para su economía (Escobar, 2007). Además, los sistemas de subsistencia albergan valiosos recursos zoogenéticos que es necesario conservar debido a que han evolucionado en su adaptación a ambientes adversos y existen situaciones en las que se está perdiendo biodiversidad (Núñez *et al.*, 2016).

Entre las razones del abandono se cita: la resistencia al control sanitario que ejerce el Ministerio de Agricultura y Ganadería, que busca asegurar la inocuidad de la carne que se consume (AGROCALIDAD, 2013), al alto precio de insumos, la no valoración de la canal con precio diferenciado, la limitada asistencia técnica y aplicación de nuevas tecnologías (FAO, 2011), y el éxodo del campo a la ciudad (Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos "SHAH", 2015).

### **3.3.2. El sistema de cría de cerdo intensivo en Ecuador**

Este sistema se caracteriza por criar animales de raza pura o mestiza que son alimentados con pienso balanceado. Además, presenta instalaciones tecnificadas con el fin de que el ganado porcino goce de condiciones que permitan obtener altos rendimientos en el menor tiempo, hace uso de técnicas más avanzadas, y cuenta con asistencia técnica desde el punto de vista sanitario lo cual incluye instalaciones costosas (Ciria y Garcés, 1996).



Las granjas tecnificadas tienen un gran impacto sobre la calidad de la carne producida, tienden a mejorar su inocuidad por medio de la adopción de los sistemas y prácticas higiénicas y eficientes de producción, las cuales disminuyen los riesgos para la salud animal y humana. También atiende a normas de bienestar animal, que en conjunto son atributos cada vez más valorados por los consumidores al generar mayor confianza en el producto final (Intagri, 2019). Este tipo de explotación, por lo general, en Ecuador va encaminada a la producción de productos embutidos industrializados o a los canales de las grandes ciudades (SESA, 2008).

Se debe tener en cuenta que hay diferentes subtipos del sistema intensivo:

- Explotaciones de ciclo cerrados: desarrollan todo el proceso, nacimiento, lactación, recría y cebo.
- Explotaciones de producción de reproductores.
- Explotaciones de producción de cerdos cebados: compran lechones y los ceban con destino a matadero.
- Explotaciones de producción de lechones (Ciria y Garcés, 1996).

En todas ellas las instalaciones deben contar con equipos que faciliten el manejo del rebaño garantizando su funcionalidad y las exigencias básicas en cuanto a higiene, orientación, economía, racionalización del trabajo, el control de los factores climáticos (viento, temperatura, humedad) y el diseño funcional de las instalaciones que permita el fácil manejo de los animales, así como el acceso de vehículos sin dificultad (Cíntora Iván, 2011).

### **3.4. La nutrición y la alimentación en la producción porcina sostenible**

La alimentación de los cerdos representa la mayor parte de los costos de producción en los países tropicales de América Latina, alcanzando hasta un 70% de los costos productivos, motivo por el cual los porcicultores presentan pérdidas económicas al ofrecer sus productos al mercado con bajos o nulos porcentajes de rentabilidad (Agudelo Quintero y Mesa-Granda, 2022). La nutrición tiene gran relevancia al incidir directamente sobre la producción, reproducción y crecimiento, siendo este último aspecto primordial en el caso del cerdo, ya que es calificado como la mejor opción para proveer de carne magra, debido a la alta asimilación de los alimentos de esta especie en comparación con otras por su gran capacidad para digerir las proteínas crudas e ingerir alimentos líquidos (Cornejo Aguilar, 2016).

Los ingredientes que se utilizan en la formulación de las dietas se pueden dividir en cuatro categorías: las cuales son: fuentes de energía, fuentes de vitaminas, fuentes de proteínas, fuentes de minerales y aditivos no nutricionales. El uso de los ingredientes en las raciones depende de las restricciones nutricionales que tengan las diferentes etapas productivas y de los requerimientos nutricionales que se busca satisfacer (Campabadal, 2009).

Las fuentes de energía más empleadas en la preparación de alimentos concentrados para la alimentación de los cerdos son el maíz, aceites o grasas y subproductos agroindustriales. Los tipos de grasas que podemos encontrar en el mercado se clasifican, según su naturaleza, en de origen animal (grasa de pollo, cebo, manteca, aceite de pescado y algunos subproductos industriales) o vegetal (los aceites vegetales que se obtienen por doble extracción, solventes

de semillas de oleaginosas y algunos subproductos industriales de origen vegetal como las oleínas de girasol, palma y soja) (Saavedra *et al.*, (2012).

En lo que respecta a las proteínas, hay que considerar la conformación según su contenido de aminoácidos, diferenciando los no esenciales, aquellos que el cerdo tiene la capacidad de producirlos en su cuerpo, y los esenciales, que el cerdo no puede producir y tienen que ser introducirlos en la dieta (Campabadal, 2009). Las fuentes de proteínas utilizadas en la elaboración de alimentos concentrados son según su naturaleza de origen animal: harina (de pescado, carne, plumas y sangre), plasma animal, suero y leche descremada, entre los principales; y de origen vegetal: haba de soja, linaza, semillas de girasol, y harinas (soja, linaza, coco y girasol) (Saavedra *et al.*, 2012).

En cuanto al requerimiento de vitaminas y minerales, en los concentrados éstos son agregados a los alimentos en forma de premezclas, en conjunto o solas, y de esta manera se garantiza satisfacer en un 100% los requerimientos de estos nutrimentos (Campabadal, 2009).

Las vitaminas por su importancia en el buen funcionamiento de las células y su importancia en todos los procesos básicos de la vida como crecimiento, reproducción, lactancia y producción, deben ser suministradas en cantidades suficientes, debido a que su carencia puede ser más o menos graves, dependiendo del grado de necesidad de éstas (Carrero y Cataño, 2005). La deficiencia de minerales provoca trastornos graves en el crecimiento y la reproducción, incluso podría provocar la muerte o graves alteraciones. Los minerales según su requerimiento se clasifican en: trazas, presentes en el organismo en cantidades muy pequeñas (cobre, manganeso, selenio, cromo, flúor, cobalto, yodo y zinc); y minerales macro, que se requieren en cantidades

más altas y son esenciales (calcio, potasio, hierro, azufre, sodio, cloro, fósforo y magnesio) (Carrero y Cataño, 2005).

Según Paulino (2016) en la alimentación animal los nutrientes de la dieta deben guardar coincidencia con aquellos demandados por los animales, aseverando que el apetito refleja una elección racionada en la satisfacción de las necesidades. Además, cuando la disponibilidad de la energía en la dieta es reducida los cerdos intentan compensarla comiendo más pienso, al menos hasta la capacidad física de ingestión, o bien, por la retroalimentación negativa del resto de nutrientes que son consumidos en exceso.

#### **3.4.1. Alimentación de los cerdos en el trópico ecuatoriano basada en los recursos locales**

En la actualidad y a nivel industrial la alimentación de cerdos se hace principalmente a base de alimentos concentrados, de los cuales el 60 % de las materias primas (granos) son importadas, aumentando la dependencia y, por tanto, el aumento en los costos, dado que el pequeño productor se ve obligado a seguir modelos productivos impuestos por países desarrollados (González, 2005). En el trópico existe una diversidad de recursos alimenticios que se puede aprovechar para obtener una producción animal más eficiente (Acosta *et al.*, 2006). Teniendo claro que la variable más importante en la reducción de costos es la alimentación, Posada *et al.* (2006) indican que una de las formas de reducir el costo de los alimentos es a través de la utilización de materiales vegetales que se produzcan localmente, por lo que se requiere la implementación de programas de investigación que evalúen especies forrajeras, arbóreas y arbustivas que tengan potencial como reemplazo parcial de los nutrientes dietarios, conociendo sus efectos en los diferentes parámetros productivos.

El Ministerio de Agricultura “MAG” (2016) señala que los sectores rurales de Manabí cuentan con una diversidad agrícola de alternativas alimenticias que pudiesen suplir al maíz y la soya, entre los que se encuentran a nivel energético: la yuca, camote, zapallo, el plátano, subproductos del arroz, cáscara de maracuyá, naranja u otros frutos. Así mismo a nivel proteínico, encontramos: maní, frejoles de diversas variedades, follaje de yuca, subproductos del pescado, entre otros.

Para potenciar el uso de los recursos locales y prácticas que se puedan implementar de manera sustentable en el corto, medio y largo plazo, es necesario establecer un listado de alimentos disponibles por zonas, así como la forma de cómo se deben dar a los cerdos, a fin de propiciar un adecuado aprovechamiento a nivel productivo, reducir tiempos de producción, mejorar la calidad de la canal y por ende mejorar los ingresos. En este sentido, Buitrón y Almeida (2008) señalan que en Ecuador son varias las instituciones de investigación que están llevando a cabo investigaciones con fuentes alternativas de energía, proteína y minerales no tradicionales y de producción nacional, con el objetivo de sustituir el porcentaje de maíz y soya, disminuyendo no solo el costo de producción, sino además su dependencia.

La porcicultura en los sistemas campesinos ecuatorianos se caracteriza por estar basadas en pequeños productores de cerdos que transforman pastos, restos de cultivos y subproductos del hogar en carnes. Sin embargo, los hacen altamente vulnerables a muchas enfermedades, ya que no se mantienen normas de bioseguridad y control (AGROCALIDAD, 2009).

En estudios realizados en la zona sur de Manabí se identifican hasta 16 combinaciones alimenticias con productos agrícolas además de utilizar

desperdicios de cocina. Entre los productos más empleados están el maíz, guineo, plátano, zapallo, yuca, tagua y polvillo de arroz (Cantos Plúa, 2019). La mayoría de los productores ofrece a los animales estos alimentos crudos y troceados, aunque un 34,5% indica cocinar la yuca o el plátano, no disponiendo de equipos para la preparación de alimentos en harina. Con la finalidad de contar con recursos para alimentar sus animales el 60% de los productores cultiva su propio alimento, mientras que el resto adquiere productos de fincas o comunidades cercanas. Además, el 94,5% expresó el interés de estar capacitados para el uso de los alimentos alternativos.

#### **3.4.1.1. La yuca y la malanga como alternativas alimenticias en la cría de cerdos en Ecuador.**

Entre los alimentos locales más utilizados por los productores se encuentran las raíces y tubérculos, destacando entre ellos la yuca (*Manihot esculenta*), producto que, en la mayoría de los países en vías de desarrollo, ocupa un lugar importante en términos de contribución socioeconómica, es fundamental para la seguridad alimentaria de la población rural, y además es utilizada para la alimentación del cerdo (Almaguel *et al.*, 2010). La yuca es un cultivo muy difundido a nivel mundial, siendo Brasil el principal país productor en Latinoamérica, aunque también es producido en África y Asia. Esta materia prima es importada por gran cantidad de países europeos que tienen como objetivo la formulación de alimentos compuestos para la alimentación animal, entre ellos el cerdo (Cubillos, 2016).

En Ecuador la yuca es producida por pequeños agricultores a lo largo de todo el año y en cualquier zona del país, desde cerca del nivel del mar hasta los 1.620 msnm. El país cuenta con una superficie dedicada al cultivo de yuca de alrededor

de 22.000 ha (Hinojosa García *et al.*, 2014). La yuca es el cuarto producto de importancia alimenticia después del arroz, trigo y maíz (FAO, 2022). Su contenido de almidón es comparable con el de los cereales, oscilando entre 55 y 77% de unidades de glucosa, siendo la amilopectina el almidón presente en mayor cantidad y la amilosa el de menor cantidad (Knowles *et al.*, 2012). El almidón presente en la yuca es de baja retrogradación, lo cual facilita la digestión y su aprovechamiento por parte del animal (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011). Es considerado un producto energético de alto valor nutritivo y de fácil asimilación por parte de los animales, incluso otorgándoseles en grandes proporciones (Cruz, 2013).

Su uso en la alimentación animal está muy extendido, principalmente el tubérculo, aunque también se aprovecha el tallo y las hojas en fresco (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011).

La raíz de yuca es esencialmente una fuente de energía, rica en carbohidratos, particularmente almidón (Morales, 2014). Su contenido de lípidos y proteínas es muy reducido, lo mismo que en la fibra bruta, por lo cual sus aportes de energía metabolizable y energía digestible oscilan entre las 3.100 y 3.400 Kcal/kg, según la especie o categoría animal que la consuma.

En los tejidos de la raíz de la yuca hay también varios compuestos secundarios; los polifenoles que son los más importantes y están involucrados en los procesos de deterioro fisiológico después de la cosecha; y los taninos, que se encuentran en baja concentración en el parénquima fresco y en mayor cantidad en la cáscara. Las características mencionadas varían según algunos factores varietales y edafoclimáticos, como edad de la planta, tipo de suelo, fertilización y época de cosecha (López y Yépez, 2009).

Los factores anti-nutricionales que la yuca posee más conocidos son: cianoglucósidos linamarina y lotaustratina, que generan cianuro por hidrólisis, y que, aunque no determinan la muerte de los cerdos, provocan un estado de intoxicación crónica (Almaguel *et al.*, 2010; Ly *et al.*, 2014). Las variedades de yuca que normalmente se cultivan presentan niveles bajos de estos glucósidos, por lo que pueden ser consumidos de manera segura tras los procesos habituales de cocción (Quiñonez *et al.*, 2007; Ricaurte, 2014) o el ensilaje, ya que estos procedimientos disminuyen sustancialmente el porcentaje de antinutrientes (Figueiredo *et al.*, 2012; Bastidas, 2016; Vanhnasin Phoneyaphon y Preston, 2016). La raíz de yuca deshidratada al sol puede sustituir totalmente al maíz en raciones para cerdos con una reducción del costo total de producción equivalente al 23,5%, sin que se vea afectado el comportamiento productivo ni la cantidad de grasa de la canal (Ricaurte, 2014).

Otro cultivo alimento empleado en la alimentación animal es la malanga (*Colocasia esculenta* L.), también conocido como papa china. La malanga es nativa de Asia, expandiéndose al norte de América del Sur a lo largo del tiempo, hasta llegar a Ecuador donde se descubrió su existencia por primera vez en la provincia de El Oro. La malanga se produce y cosecha en Santo Domingo de los Tsáchilas y alrededores (vía a Esmeraldas, vía a Quevedo y vía a Chone), Morona Santiago, Puyo y demás provincias del centro de la Sierra. Este alimento es muy apetecido en los mercados internacionales debido a que su cultivo es completamente orgánico, por tal motivo los agricultores han destinado la venta de estos tubérculos a empresas que se dedican a la exportación, sin comercializarlo dentro del país (Buenaño, 2015).



La malanga cultivada en Ecuador es destinada a la exportación a EE.UU. y Puerto Rico al no haber cultura de consumo en el país de origen (Mendoza y García Osorio, 2021). Sin embargo, cuando el producto no cumple los estándares de tamaño y forma para el consumo humano es destinado a la alimentación animal (Caicedo *et al.*, 2019). Las condiciones climáticas del trópico ecuatoriano permiten la siembra de la malanga durante todo el año, alcanzando una producción anual de 17 t (Instituto de Promoción de exportaciones e inversiones “PRO ECUADOR”, 2022)

El tubérculo de malanga es rico en nutrientes y valioso en los países de clima de tropical y subtropical. Es una planta herbácea anual y de comportamiento perenne si no se le hace la respectiva cosecha. Pertenece a la familia de las aráceas comestibles las que comprenden los géneros: Colocasia, Xantosoma, Alocasia, Cyrtosperma y Amorphophallus. Morfológicamente es una planta herbácea, nutritiva y sin tallos aéreos. Las hojas provienen directamente de un cormo subterráneo primario, el cual es más o menos vertical donde se forman cormos secundarios laterales y horizontales (Martínez, 2013).

El uso de malanga como alimento de animales fue estudiado por Anigbogu en la Universidad Federal de Agricultura en Nigeria en el año 1997; en este estudio, la malanga se cortó en rodajas y se secó sobre techos de metal por tres días, dándole vueltas periódicamente, lo que prolonga la vida útil del producto (Vega, 2012). Este producto es utilizado de manera tradicional en la alimentación de monogástricos como el cerdo por presentar un almidón de buena calidad y gran capacidad para absorber agua (Púa *et al.*, 2019), ya que la amilopectina es ramificada, facilitando la entrada de agua en los espacios intermoleculares, lo que hace mejorar su solubilidad (Carbajal y Otarola, 2019). El almidón que

presenta la malanga es uno de los más finos pudiendo darse incluso en las primeras etapas de crecimiento de los cerdos (Aragadvay-Yungán *et al.*, 2016; Sánchez Janeth *et al.*, 2018). Es un producto esencialmente energético, los cormos cocidos de la malanga tienen 142 calorías por cada 100 gramos. Además, presenta un altísimo contenido de vitaminas A y C, tanto en las hojas como en los brotes (Vega, 2012), y en las cenizas procedentes de la malanga el mineral presente en mayor cantidad es el magnesio, seguido del calcio, hierro y zinc (Plúa *et al.*, 2019).

En los tubérculos de la malanga existen factores anti-nutricionales (FANs) en cantidades de 0,6 - 1 g/100g (da Silva *et al.*, 2008; Lezcano Perdígón *et al.*, 2014), cantidad que resulta tóxica para humanos y monogástricos al reducir el valor de nutrientes por su unión con el calcio, magnesio y hierro y formar sales minerales que afectan a la digestión intestinal (Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018). Los oxalatos presentes en la malanga forman complejos con las proteínas e inhiben su absorción y digestión, afectando de esta manera el normal crecimiento del individuo. Los taninos crean complejos con las proteínas y disminuyen su palatabilidad y digestibilidad. Los fitatos se unen a minerales en el tracto gastrointestinal, haciendo que los minerales de la dieta no sean disponibles para la absorción y utilización, reducen la bio-disponibilidad del calcio y forman fitatos de calcio complejos que inhiben la absorción de hierro y zinc (Vélez, 2016).

Todas las partes de la planta tienen un alto contenido de cristales de oxalato de calcio que son la causa de irritación y sensación de ardor en la boca y en la garganta cuando se consumen en estado natural, y aunque no alcanzan niveles de toxicidad que pudieran ocasionar la muerte del animal, si afectan a la asimilación de nutrientes (Caicedo *et al.*, 2019).

Con el fin de reducir el efecto de los factores anti-nutricionales el procesamiento antes de su consumo es necesario; tratamientos como la exposición a alta temperatura (secado al sol, la cocción y la fermentación) disminuye considerablemente la cantidad de los FANs presentes en los tubérculos (Vélez, 2016; Valencia, 2020).

#### **3.4.1.2. Otros alimentos locales empleados en la alimentación de los cerdos en Ecuador**

Otros alimentos utilizados por productores de cerdos traspatio son el banano (*Musa sapientum*) y el plátano (*Musa paradisiaca*), catalogados como alimentos energéticos con gran contenido en humedad y carbohidratos y una mínima cantidad de proteínas, minerales y grasas (Arias *et al.*, 2004). El banano ocupa una posición importante como alimento en el planeta, donde Ecuador destaca como el principal exportador en el mundo cubriendo en un 29% el mercado internacional, seguido de Filipinas y Costa Rica. Su producción representa una contribución importante a la economía nacional, especialmente en las Provincias de Guayas, El Oro y Los Ríos, las cuales cubren el 81% de las exportaciones de banano. Para el año 2022 la producción de banano fue de 6.025,10 t, que equivale a unos ingresos de \$ 3,124.220 (León Ajila, 2023).

En lo que respecta al plátano, el 95 % de la producción nacional proviene de Manabí, particularmente de los cantones El Carmen (87,42%), Chone (2,79%), Portoviejo (2,59%), Flavio Alfaro (1,57%) y Tosagua (1,04%). Cifras oficiales estiman que la producción de plátano del año 2019 fue a nivel de exportación de 10,979.414 cajas de 50 libras de plátano, que representan ingresos por \$ 105,185.809 (Cossío *et al.*, 2021).

En el caso del banano las pérdidas postcosecha (10 y 20%) son causadas por un inadecuado manejo tanto de la postcosecha como en lo agronómico (Vázquez Castillo *et al.*, 2019). Estos desperdicios, que unido al banano producido por los campesinos que no destinan el producto a la exportación (como es el caso de los productores rurales de Jipijapa), al cultivar para abastecer a los mercados locales o simplemente para el consumo (Arias *et al.*, 2004), podrían alimentar grandes piaras de cerdos (Ortiz y Sánchez, 2001).

El banano y el plátano contienen un alto valor nutricional lo que lo convierte en un alimento energético con alto potencial para la alimentación animal. Sin embargo, en verde contiene alta presencia de taninos, siendo éste el principal factor anti-nutricional, que afectan de manera negativa al consumo de este alimento y a su digestión al inhibir la acción de enzimas proteolíticas (Diniz *et al.*, 2014). Además, el banano presenta una alta concentración de carbohidratos no estructurales, especialmente en la pulpa, por lo que es una fuente de energía en forma de almidón cuando está verde y en forma de sacarosa cuando está en estado avanzado de maduración, recomendando sé que se deje madurar, cocinar, secar o ensilar, para de esta manera mejorar el consumo por parte del cerdo (Ly, 2020).

El banano se ha usado durante muchos años como suplemento en la alimentación de los cerdos, de manera especial en zonas campesinas, cuando al agricultor le resulta difícil sacarlo al mercado para su venta, usando el banano verde con cascara como fuente energética y para minimizar los costos de producción (Garzón *et al.*, 1997). Se recomienda ofrecérselo al animal cuando éste ya tenga bien desarrollado su sistema digestivo, a partir de un peso vivo de

30 - 35 kg, y acompañado de un suplemento proteico de entre el 20 y 40% de proteína cruda (Padilla, 2019).

Entre otros productos propios de la zona que también son utilizados por los productores, según disponibilidad de la época de la cosecha son el zapallo (*Cucúrbita máxima* Duch) y la tagua (*Phytelphas aequatorialis*).

El zapallo se ha constituido en una firme alternativa para la alimentación de porcinos y bovinos por su contenido de nutrientes especialmente energéticos (Barrios Urdaneta *et al.*, 1996), además de un alto contenido de vitaminas A, B, C y E (Garay *et al.*, 2010), minerales esenciales como magnesio, hierro, y otros oligoelementos como el yodo, zinc, flúor, cobre y cromo que mejoran y previenen los problemas de anemias (Valera Muñoz *et al.*, 2016). Una limitación es el bajo contenido de materia seca (12%), pero presenta un contenido de proteínas (5%) superior a la yuca, malanga y banano (Lino Coello, 2019).

La tagua es una planta endémica de Ecuador que se desarrolla en bosques húmedos tropicales de hasta 1.500 msnm y posee proteína, grasa vegetal, glúcidos, calcio y hierro (Vera y Intriago, 2021). Su almendra es conocida como el marfil vegetal, que al pulirla suelta un polvo conocido como harina de tagua usada como alimento para ganado bovino y otras especies. Esta planta acompaña a los manabitas desde siempre, sus hojas (cade) son utilizadas tradicionalmente para los techos de viviendas y cobertizos. La semilla posee un endospermo blanco cuyo principal componente es un polisacárido denominado manano, que ocupa el 70% de la parte interior del mesocarpio, posee un contenido del 22% de grasas – supone un aporte energético de 288 Kcal/100g – y un 21% de ácido linoleico, ácido graso esencial en el metabolismo animal,

constituyendo un excelente alimento para animales. La tagua está incluida entre las 354 plantas silvestres comestibles utilizados en Ecuador (Oña Caiza, 2017)

El maíz (*Zea mays* L) es uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos, ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana (Cepeda, 2019). El cultivo de maíz en Ecuador implicó en el año 2020 una superficie cosechada de 355.913 ha, abarcando una producción de 1,358.626 t. La provincia de Los Ríos produce el 47% de la producción nacional, seguido de Manabí con el 21% y Guayas con el 18% (Corporación Financiera Nacional “CFN”, 2022).

El maíz es el alimento más utilizado por los productores traspatio, por lo que se ha convertido en un pilar fundamental de la dieta del productor rural, pero también es empleado como la primera fuente de alimentación de pollos y cerdos al proporcionar la tasa de conversión más elevada a carne, leche y huevos comparado con otros granos que se usan con el mismo propósito (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016). La composición y el aporte de nutrientes del grano de maíz destinado a la alimentación animal lo hace una materia prima de alto valor energético (el mayor entre los cereales), gracias a su alto contenido en almidón y grasa. Además, representa una buena fuente de ácido linoleico (1,8% del total de extracto etéreo). Posee bajos niveles de fibra y grado de lignificación. Como consecuencia, la digestibilidad de la fibra es superior a la de otros cereales, especialmente en monogástricos. Debido a su alto valor nutritivo, su utilización en la formulación de dietas para animales está muy extendida y popular alrededor del mundo. Sin embargo, el aumento en el precio de los granos y la menor disponibilidad para consumo animal, por la competencia para

consumo humano o para producción de biocombustibles, ha motivado la búsqueda de alimentos alternativos (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016).

Las principales partes del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio, que constituye el salvado, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (~ 87%), está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0,1%). El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), aproximadamente un 8% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo. El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30% del almidón. El polímero amilopectina está constituido por unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75% del almidón. Si bien existen variaciones genéticas que pueden dar lugar a que el almidón esté compuesto totalmente por amilopectina, que es el caso del maíz ceroso. Un mutante del endospermo, denominado diluyente de la amilosa, también puede aumentar la proporción de amilosa del almidón hasta más del 50%. Hay otros genes que también pueden alterar la proporción entre la amilosa y la amilopectina (FAO, 1993).

#### **4. Importancia socioeconómica de la cría de cerdos traspatio**

El sector porcino es vital para mantener en bienestar no solo en las ciudades, sino también para las pequeñas comunidades rurales dado el beneficio que su carne aporta a la salud (Tomassi, 2014).

La mitad de la cabaña porcina actual en los países en desarrollo sigue manteniéndose bajo sistemas tradicionales de producción a pequeña escala, fundamentalmente de subsistencia, en los que los cerdos proporcionan mucho más que carne (FAO, 2014). Los cerdos en estos sistemas de bajo costo suponen un valor añadido para los agricultores, ya que consumen alimentos que de otra forma quedarían desaprovechados. Además de contribuir a la seguridad alimentaria como fuente de proteínas, el cerdo también puede representar una red de seguridad financiera, desempeñar una función en las tradiciones culturales o generar ingresos adicionales en contante para pagar los gastos escolares y los tratamientos médicos o realizar pequeñas inversiones.

En los sistemas de producción familiar y traspatio tradicionalmente los cerdos acompañan a los pobladores del Ecuador en las áreas rurales, urbano marginales y comunitarios en un sistema de producción integral, incipiente pero muy tradicional. Dentro de la idiosincrasia y la cultura particular del ecuatoriano, el porcino está presente en el 75% de las fincas, conviviendo en el ámbito rural con otros animales de granja e incluso con hombres personas. La densidad poblacional de cerdos al compararlo con Colombia y Perú es alta (5,72 cerdos por km<sup>2</sup>), al igual que el consumo per cápita que se duplica en relación a los países vecinos (AGROCALIDAD, 2009).



La producción de cerdos para las familias rurales es muy importante, particularmente a nivel de soberanía y seguridad alimentaria (Hernández y Rodríguez, 2013). En este sentido, la producción de cerdos traspatio es un rubro alimenticio importante a nivel nutricional, particularmente porque en Ecuador el 27,2% de niños menores de dos años y uno de cada cuatro niños menores de 5 años padecen de desnutrición infantil crónica. Situación que se agrava aún más en los sectores rurales, donde la mitad de los niños sufren de desnutrición (UNICEF, 2018). En el caso concreto de la producción de cerdos traspatio, ésta tiene gran relevancia social, ya que actualmente la producción de cerdo y sus derivados son una fuente importante de empleo que contribuye al desarrollo de la sociedad garantizando la seguridad alimentaria y abasteciendo las necesidades de la población.

El cerdo en el estrato familiar constituye una importante fuente de recursos para la economía familiar, tanto como fuente accesible de proteína, como para ser un bien transable en el mercado, aun cuando deja mucho espacio para mejorar tecnología y eficiencias. La falta de control sanitario en estos sistemas redundaría en elevadas pérdidas económicas que no son cuantificadas y por ende la disminución de la calidad de vida de sus habitantes, especialmente de las familias más pobres de las áreas rurales (AGROCALIDAD, 2009).

De acuerdo con la FAO (2017), la agricultura familiar y el territorio están en constante evolución, combinan la dimensión económica con la política, social, cultural y ambiental, y su papel es determinante para lograr la seguridad y la soberanía alimentaria. Asimismo, la agricultura familiar genera oportunidades de empleo en el entorno rural, transfiere conocimientos ancestrales a las siguientes generaciones y es uno de los principales garantes de la biodiversidad y formas

de vida sostenible. Tras la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas, que declaró el Año 2014 como Internacional de la Agricultura Familiar (AIAF), muchos países dejaron de percibir la Agricultura Familiar como una actividad destinada exclusivamente a la producción para el autoconsumo, valorando el trabajo de los agricultores/as familiares y su contribución a la seguridad alimentaria y nutricional en sus países.

#### **4.1. Caracterización sociocultural de la cría traspatio**

Para comprender el comportamiento sociocultural de un determinado sector, es necesario caracterizar una población, a fin de determinar las condiciones particulares que la distinguen en materia de estructura social, política y económica. Es pertinente precisar que la caracterización no se limita a la recopilación de datos estadísticos, también tiene como objetivo elaborar un diagnóstico de la realidad social de la población teniendo en cuenta además de su organización actual, el estudio de sus transformaciones, es decir, la manera cómo ha cambiado o mutado en el tiempo. Dicho esto, se comprende que tal estudio se realiza bajo dos perspectivas temporales opuestas y complementarias por una parte, la investigación es sincrónica porque describe las circunstancias de una población en un determinado momento histórico, más específicamente, es preciso señalar que la investigación se sitúa en el aquí y el ahora, describiendo las particularidades de la población y su contexto, es decir, actores sociales, escenarios donde interactúan tales actores, situaciones de conflicto, acontecimientos o eventos recientes que hayan impactado la configuración social (coyunturas), los modos de producción y formas de subsistencia, etc. De aquí se desprende que se estudie, de igual forma, cómo el devenir histórico da sentido a las acciones y a la vida práctica de las personas (Gallo *et al.*, 2014).

Puesto que la diversidad de sistemas en la producción porcina puede venir determinada por otras actividades agrícolas concomitantes, por su localización geográfica o por combinaciones complejas de factores, la caracterización de este sector implica la búsqueda de tipologías que se puedan establecer para agrupar a las explotaciones en función de sus similitudes (Madry *et al.*, 2013). Por ello se hacen necesarias investigaciones multidisciplinares desde la perspectiva de la agroecología, adaptadas a las necesidades locales, centradas en las personas y en los procesos de desarrollo local involucrando a las partes interesadas y al entorno socioeconómico e institucional que permitan plantear soluciones y lograr el desarrollo de las capacidades (Paul *et al.*, 2021).

La heterogeneidad y elevada complejidad de los sistemas de granja hace que sea necesaria la aplicación de metodologías de tipificación con análisis Clúster de las variables estructurales, económicas y sociales para distinguir grupos y discriminar cuáles son las tipologías establecidas, así como para caracterizar los aspectos estructurales que definen cada sistema ganadero o grupos identificando estrategias productivas de éxito (Gibon *et al.*, 1999; Álvarez *et al.*, 2018). Acción que permite mejorar las posibilidades de las áreas estudiadas priorizando apoyos e inversiones en función de la ubicación geográfica y de sus explotaciones ganaderas, proponiendo medidas, innovaciones y políticas específicas para cada una de las tipologías identificadas y diseñar herramientas de apoyo a la toma de decisiones (Toro-Mujica *et al.*, 2011; Madry *et al.*, 2013; Fanchone *et al.*, 2020).

La información que se obtiene permite establecer recomendaciones en la toma de decisiones, para la promoción y mejoras, que eviten ahondar sus problemas e incluso posible desaparición de estos sistemas sostenibles de

subsistencia que permiten el arraigo de las familias a los territorios agrícolas (Guevara Viera *et al.*, 2020).

Para realizar un trabajo que caracterice una población se deben elegir los métodos, técnicas e instrumentos de recolección de información según el propósito de la investigación, atendiendo a las necesidades conocidas y estudiadas de esta (Gallo *et al.*, 2014).

Es este sentido, hay que tener en cuenta que es muy importante el trabajo sociocultural comunitario en función de la socialización de la cultura de modo que se generen verdaderos movimientos de desarrollo endógeno. Siendo indispensable la integración y sistematización del trabajo que realizan los promotores culturales y demás actores sociales claves en las comunidades, a través de la orientación hacia el conocimiento de su memoria histórica, hasta lograr que la cultura de cada lugar se convierta en factor de desarrollo. La influencia de la cultura en el desarrollo es decisiva, tanto que no se puede hablar de cultura al margen de la sociedad, como no se puede hablar de sociedad humana sin el hombre. Está presente en todas las esferas de la vida social y desde ellas incide en el proceso de culturalización y humanización de la especie humana (Gómez y Macías, 2011).

#### **4.2. Importancia económica y social de la producción porcina en Ecuador**

Tal y como se ha explicado en el apartado Primero de la Introducción la producción de cerdos es un rubro económico importante para Ecuador. Desde la década de los 80, una serie de inversionistas privados se han dedicado a explotar cerdos de forma tecnificada. Actualmente se cuenta unas 150 explotaciones que se pueden considerar entre mediana y altamente tecnificadas,

lo que ha permitido, al sector pecuario, mejorar significativamente los parámetros de nutrición, los procesos productivos, las instalaciones y el manejo sanitario. Además, actualmente se cuenta con unas 1.800 granjas porcinas en Ecuador con más de 5 madres o más de 20 animales de cebo dedicadas a comercializar sus productos, y hay más de 100.000 puntos en el país donde se ceban cerdos para consumo propio (Chugcho, 2017).

El país cuenta con 11,680.469 ha de superficie sobre la cual se extienden 828.267 Unidades Productiva Agropecuarias (UPAs), que suponen el 98,27% del total, distribuidas a través de todo su territorio (Daza, 2015). La pequeña y mediana agricultura representan el 85% de las UPAs y controla el 20% de la superficie de tierra, mientras que la agricultura empresarial representa el 15% y concentra el 80% del suelo cultivable. A pesar de ello, la producción campesina de tipo familiar (UPAs pequeñas) provee más del 60% de los alimentos consumidos en el Ecuador (SENPLADES, 2014). Son consideradas UPAs pequeñas aquellas que no sobrepasan las 8 ha, existiendo en el país un total de 425.926 que cubren una extensión de 3,462.491 ha (INEC – ESPAC, 2018). Además, si tomamos en cuenta el promedio de integrantes de una familia en Ecuador de 3,78 de acuerdo con el INEC, alrededor de 1,600.000 estarían involucradas en trabajos productivos, siendo las actividades agrícolas y pecuarias su principal fuente de ingreso (Martínez, 2013). Estas pequeñas explotaciones en la mayor parte de los casos son de subsistencia y funcionan total o parcialmente con mano de obra familiar (FAO, 2015).

### **4.3. La cría de cerdo traspatio en Ecuador**

En el año 2010 existían en Ecuador más de 100.000 UPAs de productores de cerdo traspatio, lo que equivale a una población total de 1,4 millones de cerdos

que generaron cerca de 89.000 t/año. La tecnificación motivó incrementos productivos que alcanzan las 135.000 t/año aproximadamente (AGROCALIDAD, 2013). En estas fincas viven 10.045 personas pertenecientes al hogar de la persona productora y se ocupan 7.249 trabajadores permanentes y 6.913 ocasionales, que sumados son 14.162 trabajadores. Es decir, 24.207 personas dependen directamente de esta actividad (AGROCALIDAD, 2009).

Hay cerca de 2 millones de personas involucradas en la producción de cerdos traspatio, con todo lo que ello supone para las economías más débiles. Se trata de una producción familiar o de una producción comunitaria y de alcancías familiares, constituyendo este producto uno de los más consumidos por la población, que también aprovecha muchos de sus subproductos (Chugcho, 2017).

El sector porcino es un sistema sostenible donde el consumidor y el productor ganan. Para dar un ejemplo fiel, generalmente muchas tierras son pobres para ser usadas en el sector agrícola, pues con el uso de los abonos orgánicos de origen animal no solo contribuimos al desarrollo y fertilidad de los suelos, también se reduce la importación de fertilizantes y esto es significativo para el control de gastos de divisas (Tomassi, 2014).

El proceso de caracterización productiva se enmarca en dos firmes propósitos: proponer y validar alternativas tecnológicas que permitan optimizar la producción agraria, partiendo de las potencialidades y limitantes de los actores rurales y de sus condiciones de vida; y promover procesos organizativos y de gestión comunitaria, con el propósito de gestionar modelos de producción agraria competitivos, sostenibles y equitativos, y así contribuir a mitigar los problemas tecnológicos, gerenciales y organizativos más sentidos de

los productores rurales (Astaíza *et al.*, 2017). Por ello, es recomendable que el agricultor modernice los sistemas productivos, incorporando tecnología al manejo agropecuario, estructurando planes de explotación, uniformando productos, estandarizando calidades, estableciendo alianzas entre grupos productivos para ofertar mayores volúmenes y mejorando su capacidad de gestión y de comercialización, integrándose a las cadenas productivas de la región. De esta manera es necesario un proceso de cambio gradual, apoyado tanto por el sector público, que permita entregar elementos que potencien la inversión en infraestructura de servicios y apoyo, mejorando los procesos productivos, aumentando el rendimiento y calidad, capacitación en aspectos de gestión, comercialización y la elaboración de programas agro-productivos, individuales y asociativos (Olguín y Alcaino, 2006).

## **5. Parámetros para la caracterización de la producción porcina**

La producción porcina tiene como finalidad el suministro de carne para el consumo humano, ya que ésta es una fuente valiosa de proteína, energía, vitaminas, minerales y micronutrientes, esenciales para el crecimiento y desarrollo (Benitez Meza *et al.*, 2015). Un aspecto importante en la cría de cerdos es alcanzar los parámetros productivos, los cuales deben ser la guía de la toma de decisión del productor, dado que es la única manera de saber si su producción es eficiente. Además, las decisiones que se tomen deben estar basadas en registros confiables y oportunos. Hay que considerar que para calcular los parámetros se debe llevar un orden de los datos o registros de la producción, que serán de fácil comprensión para su posterior análisis (Itzá y Ciro 2016). Los principales parámetros productivos son los siguientes:

### Consumo de alimento

Es el parámetro más crítico en un programa de alimentación. Éste está afectado por una gran cantidad de factores como son el nivel de energía en la dieta, peso del animal, condiciones ambientales, estado productivo y genética. De esto dependerán los otros rendimientos productivos. Una granja porcina que no conozca el consumo de alimento de sus animales es muy difícil que produzca eficientemente, pues se desconocería si el gasto de alimento está afectado por una enfermedad, un cambio en la calidad de alimento, un factor ambiental, desperdicio o por robo. Los consumos promedios de los cerdos durante las fases I (lactación), II (destete) y III (cría) son de 300, 600 y 900 g/día, respectivamente, para los cerdos en desarrollo entre 2 a 2,25 kg/día y para la etapa de engorde entre 3 a 3,5 kg/día (Campabadal, 2009).

El consumo diario de alimento se calcula pesando al alimento administrado diariamente y restándole aquel no consumido por el animal. Se puede calcular también por etapas de alimentación como crecimiento, desarrollo, final y consumo total de los cerdos (Gómez, 2015).

### Ganancia de peso

La ganancia de peso es la relación que genera cuando un animal va ganando peso de acuerdo al alimento consumido (Di Marco, 2007). Es una variable importante que determina si un programa de alimentación está o no funcionando. También se utiliza para estimar el tiempo que requerirá un animal para alcanzar el peso de mercado. Además, sirve para ver si el animal está ganando el peso correcto para la etapa de producción en que se está alimentando. Cada etapa



tiene una ganancia de peso que depende de la capacidad genética de ese animal y del consumo y calidad de un alimento (Campabadal, 2009).

Para determinar la ganancia de peso se aplica la siguiente fórmula (Gómez, 2015):

$$\text{GDP} = \frac{\text{Peso por etapa promedio} - \text{Peso al destete promedio Kg}}{\text{Edad (d)} - \text{edad al destete (d)}} \times 100$$

### Conversión alimenticia

La conversión alimenticia es la relación entre el alimento administrado a los animales y la ganancia de peso que éstos tienen durante el tiempo en que lo consumen. Siendo un parámetro directamente relacionado con la rentabilidad de la granja, es de gran interés conocer su valor y poder determinar cuáles son los factores influyentes para poder definir en cada caso como mejorarla (Guachamin, 2016).

La conversión alimenticia se utiliza para determinar la eficiencia con que un alimento está siendo utilizado por el animal. Se puede definir como la cantidad de alimento requerida para producir una unidad de ganancia de peso. La conversión se calcula dividiendo el consumo de alimento entre la ganancia de peso; ambos parámetros deben estar en una misma unidad y se dan por día o por periodo (Campabadal, 2009).

La conversión alimenticia es un indicador muy importante en la producción tecnificada de cerdos. Dentro del conjunto de índices productivos normalmente se tienen en cuenta a la hora de evaluar la eficiencia de una empresa, donde se relaciona gran parte de los costos de producción, costo de alimentación y producción de carne. Este valor es denominado coeficiente de conversión

alimenticia que cubre en su resultado un conjunto grande de factores que pueden ser visualizados en otros índices más específicos (Carriel, 2015).

Para analizar este parámetro es necesario desglosar este valor en dos grandes componentes:

- El primero de sus componentes es aquel que considera el costo de alimentación de los reproductores en cada kg de animal vendido, influyendo la eficiencia de alimentación de reproductores y la eficiencia reproductiva de la granja, entendiendo este componente como un costo fijo del lechón una vez destetado.
- El otro componente importante es la eficiencia de la transformación de alimento en carne en los animales a partir del destete hasta la venta (Carriel, 2015).

La conversión alimenticia se obtiene dividiendo el alimento consumido (kg) entre el peso de los animales (kg) en cada una de las etapas de la alimentación (Reyes, 2017).

### Relación Beneficio/Costo (B/C)

Permite diferenciar las ventas vs. los gastos. Se usa como una herramienta financiera que ayuda a comprobar si existe ganancia o pérdida en una inversión. En cuanto a las ventajas de usar la relación B/C hay dos: es muy fácil de trabajar y es muy utilizada en las bases de datos y en las hojas de cálculo (Ucañan, 2020). Es conocida también como tasa de actualización o tasa de evaluación. De acuerdo con este criterio, la inversión en un proyecto productivo es aceptable si el valor de B/C es mayor o igual que 1.0. Al obtener un valor igual a 1.0 significa que la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente después de haber sido

evaluado a una tasa determinada, y quiere decir que el proyecto es viable. Si es menor a 1 no presenta rentabilidad, ya que la inversión del proyecto jamás se pudo recuperar en el periodo establecido evaluado a una tasa determinada; en cambio si el proyecto es mayor a 1.0 significa que además de recuperar la inversión y haber cubierto la tasa de rendimiento se obtuvo una ganancia extra (Agroproyectos, 2017).

### Costos de producción

Es aquel gasto necesario para elaborar un bien o para crear un servicio; es decir, que está relacionado con aquellos gastos imprescindibles. Estos gastos suelen contener la materia prima y aprovisionamientos, mano de obra directa e indirecta y otros costes como las amortizaciones, alquileres o gastos de asesoramiento (Rus, 2020).

Los costos de producción se clasifican en:

- Costos fijos (CF): son los costos de los componentes fijos de la empresa y, por lo tanto, a corto plazo son independientes del nivel de producción.
- Costos variables (CV): dependen de la cantidad empleada de los factores variables y por tanto del nivel de producción.
- Costo total (CT): es igual a los costos fijos más los costos variables (Hinojosa, 2019).

Entre los elementos a tomar en cuenta en los costos de producción se citan:

- Materia prima directa (MPD): Es el conjunto de los materiales que serán sometidos a transformación durante el proceso productivo y que pueden ser identificados o cuantificados con los productos terminados.

- Mano de obra directa (MOD): Es el conjunto de gastos que involucra contratar trabajadores: salarios, prestaciones, obligaciones contractuales, etc., que al final se pueda identificar o cuantificar con los productos terminados.
- Gastos indirectos de fabricación (GIF): también conocidos como cargos indirectos, son aquellos costos que, aunque intervienen en el proceso productivo no pueden cuantificarse o identificarse con la elaboración de partidas contables específicas (Etecé, 2021).

Los tres elementos del costo de producción se denominan "costos del producto", porque se incorporan al valor de los productos fabricados a través de cuentas de activo y se aplican a los resultados mediata y paulatinamente conforme se venden tales productos, situación que puede ocurrir en el periodo de fabricación y contabilización posterior al periodo durante el cual se incurrieron los costos del producto (Valencia, 2012).

### *Fisiología de la digestión alimenticia*

Durante la digestión ocurre la degradación de las partículas grandes a partículas más pequeñas por la acción de las enzimas (Cunnigham, 2014). Las transformaciones químicas están mediadas por enzimas digestivas, que actúan a un pH óptimo que debe conocerse (Peter y Peter, 2009). La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Davison y Kennedy, 2014).

La mayor parte de la digestión y absorción tiene lugar en el intestino delgado, proceso que se ve favorecido por la presencia de las denominadas vellosidades intestinales. Además, al tracto digestivo llegan una serie de secreciones que

contienen principalmente enzimas como proteasas, amilasas, sucrasas y lipasas que hidrolizan los diferentes componentes de los alimentos como proteínas, almidón, azúcares y grasas respectivamente (Peter, y Peter, 2009).

Existen varios métodos para medir la digestibilidad; éstos consisten en proporcionar al animal cantidades de un alimento de composición conocida, y medir y analizar las heces. La digestibilidad varía en función de factores propios del alimento, por los animales que lo consumen o por ambas cosas (Fernández, 2016). Puede aumentar mediante procesos como son el molido, el rolado y la formación de pastillas y hojuelas, sin embargo, esto incrementa la velocidad de tránsito del alimento por el tubo digestivo por lo que el efecto neto es una ligera disminución de la digestión. La digestibilidad puede ser limitada por falta de tiempo para realizar la acción digestiva completa en sustancias que son de lenta digestión, o bien por falta de absorción completa (Dunara, 2015).

En general la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es grande para todas las especies de la granja; posiblemente los granos menos digestibles son la avena y cebada por su gran porción fibrosa (Fernández, 2016). Las fuentes proteicas como las harinas de carne y pescado son también de una digestibilidad grande para todas las especies. Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes y el principal causante de dicha variabilidad es el estado de madurez. En general, en medida que aumenta la madurez de la planta disminuye su contenido de proteína y azúcares y se eleva la fibra lo que lleva consigo un decremento gradual de la digestibilidad (Shimada, 2015). La excepción a esta regla la constituye la caña de azúcar pues su digestibilidad no se altera con la edad (Shimada, 2015).

### Digestibilidad aparente

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Manríquez, 2014). Otros autores como García (2016) afirma que la digestibilidad es la capacidad de un determinado principio inmediato de ser realmente asimilado por un animal. La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrimentos, mas no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar con datos de digestibilidad (Shimada, 2015).

La digestibilidad puede medirse "in vitro", por procedimientos químicos que intentan imitar el proceso de digestión, generalmente por el sistema de Van Soest, o "in vivo", utilizando una muestra reducida de animales fistulados o provistos de bolsas para la recogida de las heces. En el primer caso se trata de una aproximación de laboratorio al proceso real de la digestión y, en el segundo, de una estimación a través de un número reducido de animales cuyo comportamiento está presumiblemente condicionado por la manipulación humana. En ambos casos, las mediciones son complicadas y presentan importantes limitaciones de tipo práctico (San Miguel, 2013).

Los coeficientes de digestibilidad no son constantes para un determinado alimento o especie animal. La composición química del alimento afecta a la digestibilidad, ya que el estado de madurez al momento de la cosecha influye en la composición de los forrajes (San Miguel, 2013).

### Digestibilidad aparente de alimentos alternativos

Cuando no se diferencia la fuente de los nutrientes que aparecen en las heces fecales se trata de digestibilidad aparente, es decir, las heces contienen tanto el nitrógeno metabólico como el nitrógeno no digerido (Maynard *et al.*, 2017).

### Influencia de los alimentos sobre el tracto gastro intestinal

El desarrollo y la diferenciación intrínseca del tracto gastro intestinal (TGI) del lechón recién nacido dependen profundamente de la interacción entre los componentes dietarios y la flora microbiana, teniendo el alimento un efecto determinante, así mismo el calostro y la leche contienen altas concentraciones de factores de crecimiento que aceleran la proliferación y la maduración del intestino de los animales recién nacidos (Kelly y King, 2016). Después del destete, la composición del alimento iniciador tiene un papel importante en los cambios morfofisiológicos del TGI (Medel *et al.*, 2011).

La manera de formular las dietas iniciadoras ha cambiado en las últimas décadas, pasando de dietas simples (dos ingredientes) a dietas más complejas, en las cuales el número de ingredientes es muy amplio. Las dietas simples se formulan estrictamente con productos vegetales, por ejemplo, cereales y pasta de soya (Pluske, 2017). Las dietas complejas están compuestas por productos y subproductos lácteos (leche en polvo descremada, caseína y suero seco de leche), harinas de origen animal, cereales y pasta de soya, con la finalidad de estimular el consumo de alimento y mantener la integridad intestinal.

Al momento de realizar el cambio de una dieta compleja a una simple, el lechón ya ha superado el estrés del destete y ha ajustado su consumo de acuerdo con su capacidad física, de modo que su aparato digestivo se encuentra

preparado para recibir mayores cantidades de almidón y de proteína de origen vegetal. La lactasa, que es la principal enzima intestinal para la digestión de carbohidratos en el periodo de lactancia, declina paulatinamente después del destete; en el caso de las enzimas maltasa y sacarasa el comportamiento es a la inversa, pues se expresan y se activan con el consumo del alimento sólido, que contiene almidones y sacarosa. De igual forma, la mucosa intestinal parece ser bastante sensible a la composición de las dietas (Kelly y King, 2016).

Los principales componentes de la dieta que afectan el desarrollo del TGI son las fuentes de lactosa, los alimentos proteínicos y los cereales. La calidad de la fuente de proteína incluida en la dieta para lechones tiene un papel importante en el desarrollo del TGI. Esa calidad depende en gran medida del origen de las fuentes proteínicas (animal o vegetal) (Medel *et al.*, 2011).

Los cereales son los ingredientes presentes en mayor proporción en las dietas de iniciación (entre 50 y 70%), pero no están bien determinadas las consecuencias de su uso sobre la integridad intestinal (Caicedo *et al.*, 2015), ya que en algunos casos se ha puesto de manifiesto que los taninos y los polisacáridos no amiláceos (fibra) de los cereales podrían afectar negativamente a la estructura de la mucosa del intestino delgado (Souza *et al.*, 2012). Sin embargo, Álvarez (2017) manifestó que el nivel de taninos de los sorgos incluidos en las dietas no afectó la morfología de las vellosidades ni de las criptas intestinales en los cerdos.

El desarrollo del TGI, aumentando el peso del intestino grueso y de manera general las vísceras, es provocado por alimentos con alto contenido de fibra y otorgados por largo tiempo (Kaensombath *et al.*, 2013; Asmus *et al.*, 2014).



El desarrollo del páncreas está directamente relacionado con el tipo de dieta que consume el animal, ya que, si los animales tienen acceso a alimentos ricos en proteínas, grasas o carbohidratos, este órgano tendrá que desarrollar sus funciones de acuerdo con dichos sustratos (Caicedo *et al.*, 2015).

### Grasa

Los tejidos adiposos de un cerdo se clasifican según el lugar en el cual se depositan (subcutáneos, intramuscular y grasa interna). El más importante de estos tejidos es el subcutáneo que presenta el 70% de la grasa del animal, caracterizándose por su aumento progresivo en la zona de la cabeza y presenta una disminución en la última vértebra lumbar (Boada, 2018).

La grasa intramuscular (GIM) es el depósito adiposo que está visible en los espacios interfasciculares de las fibras musculares (Sánchez *et al.*, 2010; Coma, 2013) denominada comúnmente como marmoleado y que se debiera presentar uniforme y finamente en el seno del músculo. Su contenido y calidad es de importancia en la valoración de la carne, la cual se relaciona estrechamente con las características organolépticas de jugosidad, sabor y aroma de la carne (Galián, 2007). Una carne fresca de calidad organoléptica debe tener un óptimo entre un 2 y 3% de grasa intramuscular en el lomo a nivel de la última costilla, la cual se concentra con la edad y con la disminución en la actividad (Daszkiewicz *et al.*, 2018).

Estudios sensoriales en el músculo *Longissimus dorsi* de cerdos y con la ayuda de paneles especializados, se ha indicado que el contenido de grasa intramuscular varía entre un 1,5 y 3,2% relacionándose estrechamente con el incremento de la grasa y materia seca (Daszkiewicz *et al.*, 2018). Sin embargo,

los valores que no son superiores al 2,5 - 3,5% de grasa intramuscular pueden provocar un rechazo de la carne por parte del consumidor por su aspecto visual. Aunque en productos curados de calidad valores entre 3,5 y 4,0% son los óptimos (Galían, 2007).

El éxito de los programas de mejora genética en el ganado porcino conlleva a obtener resultados a favor de un crecimiento mayor y una eficiencia alimentaria, llegando a la obtención de canales extraordinariamente magras (GIM < 1%), resultado en un claro empeoramiento de los parámetros de calidad sensorial de la carne. Cuanta más grasa intramuscular mejor es la percepción sensorial gustativa de la carne. De hecho, en base a los estudios de preferencia de consumidores en Europa, se está generalizando la idea que la carne de cerdo debe contener entre el 2,5-3% de GIM para mejorar sus características sensoriales intrínsecas (Tous *et al.*, 2012).

#### *Variables tecnológicas de calidad de carne*

La calidad de la carne es una medida en la que los factores sensitivos, fisiológicos, psicológicos y extrínsecos determinan la aceptabilidad de la carne en un mercado en el cual su calidad nutricional, organoléptica (color, aroma, sabor y textura), higiénica y tecnológica influyen en la aceptación o rechazo de la carne (Sánchez *et al.*, 2010). Básicamente las características de calidad de la carne dependen de la finalidad del producto final, ya sea para consumo directo o industrialización.

Los parámetros de calidad de la carne sirven para decidir y fidelizar una compra. Estos parámetros son evaluados de forma consciente o inconsciente por el consumidor y por la industria. En el caso de los consumidores las

características organolépticas como color, textura, sabor, jugosidad e infiltración de la grasa son los más relevantes, mientras que la industria cárnica centra su atención en las características tecnológicas como pH, color, capacidad de retención de agua, textura, estabilidad oxidativa, perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol (Collen, 2017).

Los sistemas de producción usados en la explotación de cerdos pueden interferir en la obtención de productos beneficiosos para la salud humana, los cuales se diferencian por los parámetros de calidad de la carne (Campion, 2013). Los cerdos criados en sistemas de producción al aire libre, en los que se consume pasto y dieta suplementaria, pueden incrementar los rendimientos de la canal, la grasa intramuscular y producir una carne más tierna (Jonsäll, 2007; Sundrum *et al.*, 2012).

Las características tecnológicas de la carne son el conjunto de propiedades morfológicas, anatómicas, sensoriales, higiénicas y bioquímicas que en conjunto permiten obtener un producto final elaborado que sea aceptado en primera instancia por el consumidor, de buen rendimiento económico para la industria y que minimice los efectos en la producción y conservación (Sánchez *et al.*, 2010; Mamani, 2014). Las características industriales (procesamiento, almacenamiento y comercialización) de la carne dependen de factores como la raza del animal, tipo de alimentación y el estrés antes o durante la faena (Braun y Pattacini, 2011; Coma *et al.*, 2013). Las características tecnológicas de calidad de la carne son el pH, la temperatura, la capacidad de retención de agua, contenido en ácidos grasos, colesterol y proteína, y la calidad nutritiva.

## El pH

El pH de la carne influye sobre las características de color, ternura, sabor, capacidad de retención de agua y conservación de la carne, así como también en la calidad final del producto (Galán *et al.*, 2007). Esta calidad se encuentra influenciada directamente por la evolución en la caída del pH después de la faena debido a la composición, estructura y potencial glicolítico del músculo, lo que produce un cambio estructural de las proteínas (Graziotti *et al.*, 2010; Mamani *et al.*, 2014). La caída en el pH depende de la actividad muscular antes del sacrificio y del tipo de fibras musculares (fibras de contracción rápidas “blancas” alcanzan valores menores de pH que fibras de contracción lenta “rojas”).

En el animal vivo existen dos vías metabólicas que proporcionan la energía al músculo: la vía anaeróbica o glicolítica que no requiere de oxígeno, degradando la glucosa hasta Acetil-CoA; y la vía aeróbica u oxidativa que por el contrario requiere oxígeno que es almacenado en la mioglobina y básicamente utiliza la Acetil-CoA, producido en la glucólisis, en el catabolismo de ácidos grasos o en la desaminación de aminoácidos (Galán *et al.*, 2007).

Tras el sacrificio del animal cesa el aporte de oxígeno y nutrientes hacia el músculo, por lo cual comienza la utilización de las reservas energéticas para sintetizar Adenosin tri-fosfato (ATP) con el objetivo de mantener la temperatura y las características estructurales. Sin embargo, una reducción en la síntesis de ATP genera fosfato inorgánico, el cual estimula la degradación de glucógeno a ácido láctico. Lo anterior resulta en una disminución del pH del músculo desde 6,8 a 5,32-5,8 en el *rigor mortis* (Galán *et al.*, 2007). El descenso del pH es importante en la transformación de músculo a carne (Forrest *et al.*, 2017). Sin

embargo, una conversión anaeróbica acelerada de glucógeno a ácido láctico produce un pH < 5,9 a los 45 minutos tras el sacrificio, pero el pH final es similar al de la carne normal lo que produce carnes de característica pálida, suave y exudativa (PSE) (Mota *et al.*, 2010), mientras que una ausencia de glucógeno durante el sacrificio del animal causa un pH final alto produciendo carnes de característica oscura, firme y seca (DFD) (Galían *et al.*, 2007).

### Temperatura

La temperatura es uno de los factores *postmortem* que incide en el grado de caída del pH debido a la producción de ácido láctico (Zimmerman, 2008). Tras la muerte del animal la temperatura corporal comienza a descender hasta nivelarse con la temperatura ambiental, lo cual se debe a la desaparición de los mecanismos naturales de generación y regulación de la temperatura corporal, al cese de la circulación sanguínea, así como de la actividad muscular y a los cambios en la actividad metabólica tisular, factores que acentúan el enfriamiento cadavérico (Forrest *et al.*, 2017).

La temperatura está relacionada con el consumo de ATP muscular el cual se lleva a cabo cuando el ATP que es utilizado para mantener las condiciones del músculo es totalmente o parcialmente remplazado por la síntesis de ATP a través de la glucólisis cuando aún existe oxígeno; los niveles de ATP comienzan a descender debido a una ausencia de oxígeno y una ausencia del ciclo de refosforilación (Zimmerman, 2008). Donde debido al glucolisis anaeróbico se origina la depleción de glucógeno muscular e incremento intracelular de ácido pirúvico y láctico, mismos que al no poder ser eliminados por falta de la circulación sanguínea producen la caída del pH y del ATP (Maltin *et al.*, 2013).

El ritmo de caída de la temperatura depende de la especie, raza, tamaño y peso corporal, cobertura de grasa subcutánea, temperatura y humedad del ambiente (Warris, 2019). Por lo que las canales más grandes se enfrían lentamente, al igual que aquellas canales que disponen de una capa de grasa más gruesa la cual actúa como aislante térmico para los músculos y huesos. Un manejo de enfriado rápido antes de la instauración del *rigor mortis* (< 10 °C) produce una carne más dura, situación que es causada por el acortamiento por frío (Zimmerman, 2008). Sin embargo, el rápido enfriamiento de cortes comerciales reduce la incidencia de carnes PSE y contribuye con una mejor calidad microbiológica (Felício, 2018).

#### Capacidad de retención de agua

Es la habilidad que tiene un músculo para retener agua (Sánchez *et al.*, 2010), siendo la propiedad más estudiada de la carne, de la cual dependen la jugosidad, el color, la firmeza y la textura. Micklander *et al.* (2015) define la Capacidad de Retención de Agua (CRA) como la cantidad de agua presente en una proteína cárnica, propia o añadida en el proceso de elaboración (corte, calentamiento, trituración y prensado) o como la conservación de la carne. La CRA depende del espacio libre donde se retiene el agua (zona H) y de la disponibilidad de moléculas que puedan enlazarse con las moléculas de agua.

La CRA es de especial interés, ya que influyen en las pérdidas de peso que se producen por la liberación de jugos en toda la cadena de transformación y la calidad del producto final (Mamani *et al.*, 2014).

La cantidad aproximadamente de agua presente en la carne tras el sacrificio es del 75 %, dependiendo estos niveles en gran medida de la especie, el músculo

y de la cantidad de grasa. Parte del agua se pierde cuando el animal muere, otra cantidad se pierde por la evaporación en el enfriamiento de las canales y por goteo como consecuencia del corte de tejidos o bien por el cocinado de la carne.

### Contenido de ácidos grasos

Los ácidos grasos tienen efectos sobre la firmeza o blandura de la grasa, los cuales, al ser examinados en el músculo y tejido graso, se presentan en mayor proporción en el tejido adiposo subcutáneo, intermuscular e intramuscular del lomo del cerdo, por lo que la calidad del tejido adiposo en relación a su valor nutricional, características organolépticas y de conservación se relacionan con la composición de ácidos grasos (Araujo *et al.*, 2011).

La proporción de los ácidos grasos en los animales son influenciados por la dieta, peso corporal, edad, sexo, raza, temperatura ambiental, sitio de depósito y hormonas (Nürnberg *et al.*, 2018). Sin embargo, la composición de ácidos grasos en la carne de animales monogástricos como el jabalí depende en gran escala de la dieta, los cuales no se modifican en el sistema digestivo por lo que son depositados en los diferentes tejidos lipídicos (Galían *et al.*, 2007).

### Contenido de colesterol

El colesterol es uno de los lípidos más abundantes en alimentos de origen animal, el cual es susceptible a la oxidación durante el procesado y almacenamiento (Gil *et al.*, 2014). Se encuentra como componente estructural de las membranas celulares, así como también en el plasma sanguíneo (Warris, 2019). El colesterol en alimentos de origen animal es una de las mayores preocupaciones en los consumidores, debido a la posibilidad de desarrollar enfermedades de cardiopatía coronaria.

Los niveles de colesterol en los cerdos son ligeramente altos en los músculos oxidativos (*psoas major* y *psoas minor*) en relación con los músculos glucolíticos como el *Longissimus dorsi* en los cuales los niveles de colesterol son bajos (Gil *et al.*, 2014; Warris, 2019).

### Proteína

La calidad nutricional de la carne de cerdo es similar al resto de carnes aptas para el consumo humano, siendo excelente al contener aminoácidos esenciales para el correcto funcionamiento del cuerpo humano (Bote *et al.*, 2017). La proteína de la carne es el material más importante, sólido y abundante en el tejido muscular; ésta tiende a coagularse cuando las temperaturas aumentan (presencia de calor), aumenta su firmeza y pierde la humedad (Galián *et al.*, 2007). El contenido de proteína existente por cada 100gr de carne es del 18-20%, siendo la edad y la raza del animal los factores que mayormente inciden en el contenido de proteína de la carne (Valero, 2009). En este contexto, a mayor edad del animal la cantidad de carne y musculo aumenta y junto a ello la metionina y otros compuestos químicos (Bote *et al.*, 2017).

### Calidad nutritiva

Interesa conocer la composición centesimal del derivado cárnico: humedad, proteínas, grasas y cenizas, siendo el contenido de proteínas el determinante para evaluar la calidad nutritiva de la carne, debido a la importancia de su presencia en una correcta dieta alimenticia (Varga y Csokona, 2012).

Existen factores intrínsecos que afectan a la calidad de la carne de cerdo, y por tanto deben tomarse en cuenta. Estos hacen referencia a las características propias del animal que no son modificables por el hombre (especie, raza, peso



al sacrificio, sexo, genotipo, edad, tipo de músculo, etc.) (Hambrecht y Eissen, 2011; Sañudo y Sierra, 2018).

La raza es un factor importante porque puede afectar a diversas características productivas de los animales y, por tanto, a la calidad de la carne. La composición nutricional, el color de la carne, la textura, composición de la grasa y ácidos grasos, así como también la capacidad de retención de agua, entre otros parámetros, pueden variar con la raza, sin llegar a alterar excesivamente el pH de la carne (Linares, 2007; Sierra, 2010; Sañudo y Sierra, 2018).

La calidad sensorial de la carne de cerdo tiene variaciones por efectos como edad, sexo, manejo y tipo de alimentación a la que se someten los animales, y no a efectos como la raza debido a que no existen estudios donde se compruebe dicha afirmación (Notter *et al.*, 2019).

Otro aspecto es el efecto del sexo o del estado fisiológico (enteros vs. castrados) del animal, ya que la composición del músculo se ve afectada debido a la producción de hormonas (Seideman *et al.*, 2016). Los machos favorecen el rápido crecimiento de músculo en contra de la deposición de grasa dando como resultado una carne con menor contenido de grasa respecto al de las hembras o machos castrados, afectando así la calidad físico-química y sensorial de la carne.

Por otro lado, el músculo de las hembras presenta un menor diámetro de fibras musculares, lo cual influye sobre la textura de la carne, pudiendo concluir que las hembras presentan una carne más tierna que los machos (Seideman *et al.*,

2016). Así mismo la carne de los machos castrados es más tierna y jugosa que los enteros (Schreurs *et al.*, 2008; Touraille y Girard, 2015).

Otro factor que influye en los parámetros de calidad de la carne es la edad y por consiguiente el peso del animal. El contenido lipídico es uno de los parámetros que se incrementa con la edad y peso del animal, de manera que, a mayor edad y peso, se produce el engrasamiento global del animal lo cual aumenta también el contenido de grasa intramuscular (Seideman *et al.*, 2016). El perfil lipídico de la carne varía con la edad, generando un descenso de la relación a las proporciones de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) con saturados (SFA) al aumentar la edad, así mismo se produce un incremento de pigmentos hemínicos, disminuyendo la estabilidad del color y favoreciendo la oxidación de oximioglobina a metamioglobina (Braun y Pattacini, 2011).

## JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS

El desarrollo de la presente tesis doctoral tuvo como marco el Proyecto de Investigación denominado **“PRODUCCION Y CALIDAD DE LA CANAL DEL CERDO CON DIETAS ALTERNATIVAS LOCALES DE PEQUEÑAS UNIDADES RURALES. PARROQUIA EL ANEGADO. ECUADOR”** con código PROG-014-PROY-003-2019, el cual forma parte del Plan de Investigación de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), y fue evaluado y aprobado por la Dirección de Investigación y el Comité Científico de la UNESUM el 31 de julio de 2019, mediante resolución N° 07/2019 OCAS de la UNESUM.

El proyecto planteó el estudio de alternativas alimenticias propias de la zona, con el fin de aprovechar su utilización en beneficio de los sistemas productivos porcícolas. Para ello fue necesario realizar un diagnóstico socioproductivo del sector que permitió la identificación de los productos agrícolas utilizados tradicionalmente por el productor en la cría de sus cerdos; y a partir de estos resultados se ha probado la utilización de la yuca y la malanga como alimento alternativo en reemplazo del maíz, estableciendo los efectos que tiene sobre los parámetros productivos y su repercusión económica a favor del productor y del consumidor.

De lo expuesto en los apartados anteriores se deduce la necesidad de la investigación que hemos abordado en esta Tesis y que hemos abordado a través de las siguientes hipótesis:

- 1) La producción porcina traspatio en los sectores rurales del Cantón de Jipijapa es de gran importancia por lo que representa cuantitativamente dentro del sector porcino en Ecuador, así como para la subsistencia de muchas familias,

pero el sistema no se encuentra suficientemente estudiado ni caracterizado, planteándonos la hipótesis de que puede ser identificadas distintas tipologías de productores lo que llevaría a considerarse diferentes en las medidas de desarrollo a aplicar.

- 2) El empleo en la alimentación porcina de los subproductos agrícolas locales de Ecuador como sustituto del maíz es de gran interés para los productores locales traspatio ya que ayuda a reducir los desperdicios agrícolas y a mejorar la economía de los productores, pero no existen formulaciones alimenticias estandarizadas para el uso de estas alternativas y muchas de ellas no han sido contrastadas en cuanto a su efecto sobre los productores, por ello, nos planteamos la hipótesis de que es posible el uso de residuos de yuca y malanga (a partes iguales) añadido a la alimentación de los porcinos en sustitución del maíz debidamente formulado sin que se ve afectados los parámetros productivos y mejorando los costes de producción en las etapas de crecimiento y engorde.
- 3) Se conoce que hay una preferencia por la producción de cerdos de base Criolla entre los consumidores, pero las posibilidades de emplear en la alimentación de cerdos traspatio alternativas alimenticias en base de los subproductos de yuca y malanga, requiere que se investigue si éstos afectan a la calidad de la canal y de la carne y por ende a su comercialización.

En esta tesis partimos de la hipótesis de que las diferentes fórmulas o alternativas que se han diseñado sobre un reemplazo del 32 y 42% de maíz por yuca y malanga no afectan al producto que se genera y teniendo en cuenta que puede haber diferencias entre localización debido a la heterogeneidad genética de los cerdos Criollos que se sacrifican.



## **OBJETIVOS**

---



El objetivo principal de la presente Tesis Doctoral fue la evaluación de la producción y calidad de la canal del cerdo alimentado con dietas alternativas locales de pequeñas unidades rurales de la Parroquia El Anegado, así como de su incidencia en los beneficios económicos. Para abordar este objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- 1) Caracterizar los aspectos socio-productivos que determinan la disponibilidad de ingredientes para la dieta de los cerdos en las pequeñas unidades rurales de los productores porcinos de la Parroquia El Anegado, así como los beneficios económicos que genera tal actividad productiva.
- 2) Formular dietas alternativas con los insumos locales disponibles en las pequeñas unidades de producción porcina
- 3) Evaluar las dietas alternativas locales en cerdos y su efecto en los parámetros productivos y calidad de la canal, así como posibles efectos antinutricionales.
- 4) Estimar los beneficios económicos de la utilización de dietas alternativas locales en las pequeñas unidades rurales productoras de cerdos.



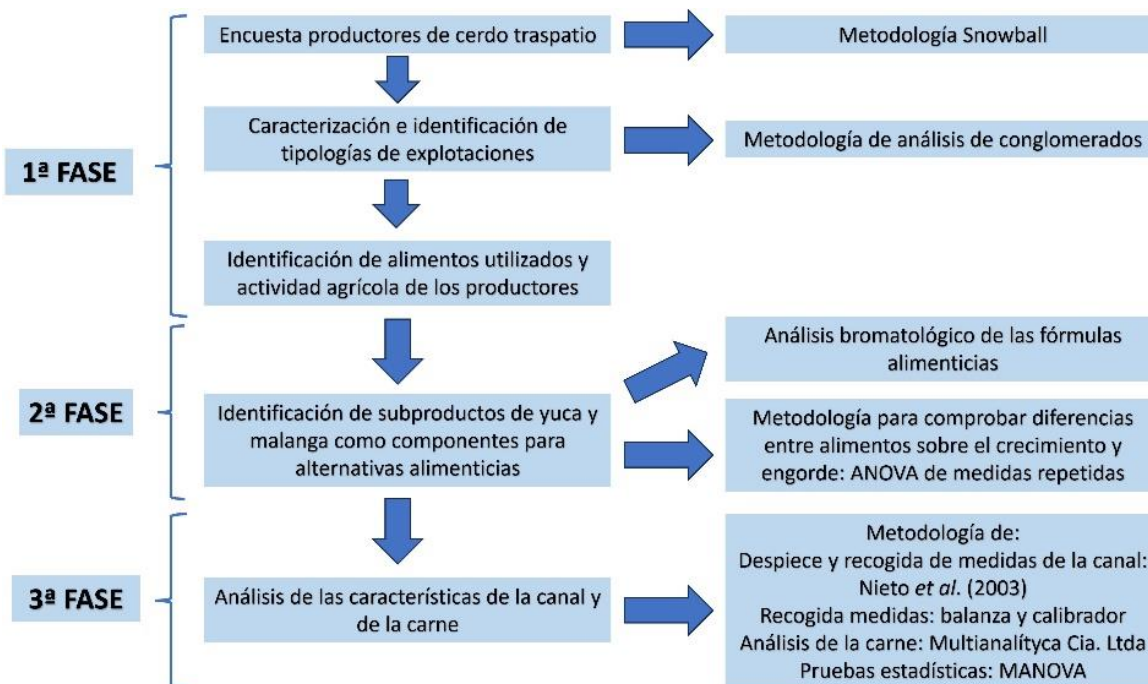


## **METODOLOGÍA**

---



La experiencia fue desarrollada en diferentes cantones de las provincias de Manabí y Esmeraldas que se caracteriza por tener un clima tropical con temperaturas medias anuales de 23-25 °C y una pluviometría anual de 500 mm, aproximadamente.



**Figura 3:** Diseño experimental y metodología de análisis

### 1. Metodología para la caracterización e identificación de tipologías en el sistema de cría de cerdo traspatio

Se realizó una entrevista personal a los productores de cerdos traspatio. La caracterización se efectuó bajo cuatro dimensiones. Las dimensiones preidentificadas fueron: primero, la dimensión *Social*, que permitió identificar: edad, escolaridad, servicios básicos, tiempo de dedicación, afectaciones en salud; la segunda la *organizativa*, que determinó la cultura organizativa, el tipo de ayudas de parte de entes de desarrollo gubernamentales o no gubernamentales; la tercera dimensión la *productiva*, que dio lugar a caracterizar

el sistema productivo, las razas empleadas, materiales de construcción de las porquerizas, número de animales, tiempo de cría, razón de crianza, peso, precio, registros productivos, planificación, autoconsumo, comercio, entre las destacadas; y la cuarta los *recursos locales* con los que cuenta el productor para la cría de sus animales, como insumos alimenticios locales, asistencia técnica, preparación o no de alimentos y equipos (Tabla 2).

**Tabla 2:** Operacionalización de las variables dependientes e independientes

DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vivienda</li> <li>- Educación</li> <li>- Salud</li> <li>- Escolaridad</li> <li>- Profesionalización</li> <li>- Servicios básicos</li> <li>- Fuentes de agua</li> <li>- Destino de residuos</li> <li>- Capacitaciones recibidas</li> <li>- Participación familiar</li> <li>- Estructuras organizativas</li> <li>- Producción asociativa</li> <li>- Cultura productiva de cerdos</li> </ul>
<b>Productiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de producción</li> <li>- Número de animales producidos al año</li> <li>- Materiales de construcción de la porqueriza</li> <li>- Tamaño de la porqueriza</li> <li>- Cerdos por m<sup>2</sup></li> <li>- Razas que cría</li> <li>- Horario que suministra agua</li> <li>- Horario que alimenta los cerdos</li> <li>- Edad de inicio de ceba</li> <li>- Edad final de ceba</li> <li>- Registro de tiempo de ceba</li> <li>- Ganancia de peso</li> <li>- Tiempo de cría</li> <li>- planificación de la producción. (Pedidos, entregas)</li> <li>- Materias primas locales</li> <li>- Fuentes de alimentos de origen agrícola de la zona</li> <li>- Fuentes de alimentos de origen animal</li> <li>- Formas de suministrar los alimentos.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Siembra de productos para alimento de cerdos</li> <li>- Probar variables alimenticias</li> <li>- Enfermedades frecuentes</li> <li>- Medicamentos más frecuentes</li> </ul>
<p><b>Ingresos económicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razones para la cría de cerdos</li> <li>- Destino del producto</li> <li>- Registro de costos de producción</li> <li>- Ingreso por venta de cerdos</li> <li>- Control de la producción</li> <li>- Precio de venta</li> <li>- Ingreso anual</li> <li>- Obtiene ganancias por la cría de cerdos</li> <li>- En que invierte el ingreso</li> </ul>
<p><b>Aspectos laborales</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quienes trabajan en el cuidado de los cerdos</li> <li>- Que tiempo le dedica a la actividad</li> <li>- Se siente motivado a criar cerdos</li> <li>- Está a gusto con lo que hace</li> </ul>

### 1.1. Metodología para la encuesta a productores

Previo a la aplicación de la encuesta se elaboró un cuestionario, mismo que partió del del análisis de operacionalización y por tanto de las dimensiones antes señaladas, las preguntas fueron cerradas y se separaron según sus variables cuantitativas y cualitativas (Anexo I). Las encuestas se aplicaron en 7 comunidades de Jipijapa, considerando que sus características climatológicas, relieve y producción agrícola diversa, provee de insumos para los animales, garantizando así la producción de cerdos durante todo el año.

Las encuestas se aplicaron sobre un número de 55 productores, entre aproximadamente 150 que existen en la parroquia (no hay publicada información estadística oficial). Al no existir organización asociativa de ganaderos porcinos, se inició la aplicación de las encuestas siguiendo la metodología del sondeo tipo “Snowball”, este consiste en localizar a algunos individuos, estos conducen a

otro, y estos a otros y así hasta conseguir datos relevantes (Severe y Vera, 2014), siendo los mismos porcicultores el punto de partida. Se tomó como punto de referencia el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) parroquial del Anegado, que identifica las comunidades más representativas geográfica y poblacionalmente, iniciando el trabajo en la comunidad Colón Alfaro, para luego continuar de acuerdo al método descrito, aplicando finalmente las encuestas en 7 comunidades, de las cuales una corresponde al sector rural de Jipijapa.

## **1.2. Metodología para el análisis de la encuesta e identificación de tipologías**

Los datos tomados fueron ordenados y analizados en el office Excel, para posteriormente ser procesados en el software IBM SPSS versión Statistics 26. Para la caracterización inicial de las explotaciones de cerdos de traspatio de Jipijapa con los datos de las 55 encuestas, de cada variable se calcularon las frecuencias absolutas y relativas en %, y los estadísticos descriptivos de promedio y variación para aquellas relacionadas con niveles de producción. Las posibles diferencias entre los niveles productivos ligadas a la localización de las explotaciones, fue testada comparando las 7 comunidades mediante prueba ANOVA.

En una segunda fase, se empleó el Análisis de Correspondencia Múltiple “ACM” para analizar la relación entre las categorías de las variables e identificar las dimensiones definidas por las asociaciones entre ellas, siendo el porcentaje de varianza explicado el que da la prioridad para la definición de los factores. El ACM se llevó a cabo sólo con aquellas variables que presentaban mayor variación y no estaban correlacionadas con las demás. Para el ACM, las

variables cuantitativas debieron ser transformadas a variables ordinales bivariadas según Díaz y Garrido (2015). Posteriormente, con las mismas variables del ACM se llevó a cabo un análisis de secuencial de conglomerados jerarquizado, para agrupar las ganaderías e identificar las tipologías. La solución final para clasificar apropiadamente todas las ganaderías fue encontrada mediante el método de Ward y la distancia euclidiana que maximiza la homogeneidad dentro de grupo y la mayor diferencia entre los grupos (Fernández, 2011). Para definir las características de cada clúster identificado las características correspondientes a variables de más de una opción fueron expresadas en modo bivariado a respuesta de si/no. La comparación entre los clústeres se llevó a cabo mediante ANOVA para las variables cuantitativas, y mediante test Duncan para las de tipo cualitativo a  $p < 0,05$ .

## **2. Metodología para el diseño de dietas alternativas a base de yuca y malanga**

Una vez caracterizado el sistema de producción de cerdos traspatio e identificadas los productos que tradicionalmente se usan en la alimentación de los cerdos se estableció la segunda etapa de la experiencia. En esta segunda fase se analizó desde el punto de vista bromatológico muestras de yuca y malanga, productos que habíamos detectado que se emplea con frecuencia en la alimentación de cerdos traspatio, con la finalidad de proceder a diseñar dietas compuestas por ambos alimentos alternativos, tanto durante la fase de crecimiento como de engorde de cerdos traspatio.

Las dietas alimenticias se formularon en el office Excel aplicando el método de tanteo (Instituto Nacional tecnológico "INATEC". 2016). Los productos utilizados fueron maíz, polvillo de arroz, aceite rojo de palma, yuca y malanga



que se adquirieron en forma fresca (tubérculos), almacenándolos en un lugar fresco para su conservación, y un concentrado proteico para crecimiento y engorde respectivamente, el concentrado contiene harina de soya, subproductos de arroz, harina de banano, ácidos grasos libres, melaza, carbonato de calcio, secuestrantes de micotoxinas, suplementos de vitaminas A, D3, E, K3, riboflavina, carbonato de calcio, niacina, mono nitrato de tiamina, cianocobalamina, clorhidrato de piridoxina, biotina, suplementos de minerales trazas, sulfato de manganeso, sulfato de zinc, sulfato de cobre, sulfato ferroso, sodio, yoduro de calcio, metionina, lisina como clorhidrato y sulfato, treonina, cloruro de colina, antimicóticos, enzimas, antibióticos y antioxidantes.

### **2.1. Metodología del análisis bromatológico de las dietas**

Tres réplicas de 200 g de tubérculo de yuca y otras tres de tubérculo de malanga fueron analizadas en el laboratorio de química de la Universidad del Sur de Manabí (UNESUM) y en el laboratorio Multianalityca S.A. (Quito - Ecuador). Previo al análisis bromatológico, las muestras fueron cocinadas durante un tiempo de 30 minutos, simulando el procesado tradicional que se sigue con este tipo de productos antes de dárselo como alimento a los animales a fin de evitar los componentes antinutricionales. Se obtuvo el porcentaje de humedad, el contenido de proteína bruta, humedad, cenizas, fibra, lípidos y materia orgánica.

### **2.2. Metodología para la preparación y suministro de las dietas**

Cada lote de cerdos recibió la misma dieta alimenticia durante la experiencia, adecuándose la composición de ésta en función de la fase productiva en la que se encontraba los animales. En este sentido, los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento testigo o control 1: pienso comercial sin adicción de yuca y malanga
- Tratamiento 2: dieta compuesta por un 32% de yuca y malanga, a partes iguales en reemplazo de maíz.
- Tratamiento 3: dieta compuesta por un 42% de yuca y malanga, a partes iguales en reemplazo de maíz.

El alimento se preparó y suministró en forma de harina, a excepción de las alternativas alimenticias que se cocinaron y se dieron húmedas. La yuca y la malanga se picaban, se agregaba sal y se hervían por treinta minutos en promedio o hasta ablandar. El alimento fue preparado diariamente y administrado a los animales dos veces al día en horas fijas, 8 am y 3 pm. Previamente a la administración del alimento, este era pesado en una balanza digital, ajustando la cantidad en función a la tabla de Genetiporc (Paulino, 2016) para cerdos de engorde, de modo que al inicio de la experiencia se le administró 8.96 kg por tratamiento y al fin de la misma la cantidad fue de 22,47 kg.

El crecimiento de los animales fue recogido mediante el registro del peso, altura y longitud de cada uno de los cerdos durante la fase de crecimiento y engorde, de modo que se realizaron un total de 5 controles, tres en la primera fase y dos en la segunda. Para ellos se utilizó una jaula metálica colocada sobre una balanza digital.

### **3. Metodología para la caracterización del desempeño productivo**

Las características productivas y de la canal fueron analizadas en cerdos criados en sistema de producción traspatio y alimentados con tres dietas alimenticias, una que contenía únicamente pienso comercial y otras dos que

contenían un porcentaje del 32 o 42% de yuca y malanga a partes iguales. Los cerdos fueron adquiridos a productores de la zona. Los 42 cerdos, tanto machos como hembras, eran mestizos, estaban castrados y contaban con una edad de 60 días. Los cerdos fueron distribuidos al azar en tres lotes, 7 animales por grupo, correspondiente con las tres dietas incluidas en la experiencia. Tras 10 días de adaptación alimenticia, arrancó la experiencia que tuvo una duración de 100 días. Los cerdos fueron alojados en porquerizas artesanales de piso de cemento, paredes de ladrillos enlucidas de cemento, con techo de zinc. Los cerdos tuvieron disponibilidad de agua *ad libitum* y el alimento fue administrado dos veces al día. La dieta fue preparada diariamente antes de ser administrada a los animales.

El primer lote recibió durante todas las fases productiva de los animales una dieta convencional, sin adición de alternativa alimenticia. Sin embargo, los otros dos lotes recibieron una cantidad de alternativa alimenticia en reemplazo de maíz, siendo esta cantidad de un 32 o 42% de yuca y malanga a partes iguales, respectivamente.

Se evaluó el crecimiento de los animales a través del incremento del peso, altura y longitud de los animales a lo largo de la experiencia. Para ello los animales eran introducidos individualmente en una jaula en cada uno de los cinco controles llevados a cabo durante la experiencia. Los controles (7) se hicieron cada 21 días, correspondiendo 3 a la fase de crecimiento y 2 a la de engorde. La experiencia se desarrolló en dos ubicaciones geográficas con la finalidad de tener una duplicidad de la misma.

El efecto de la adición de yuca y malanga en la dieta de los cerdos durante la fase de crecimiento y engorde fue analizado estadísticamente mediante un

análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para las variables de crecimiento y conversión alimentaria teniendo en cuenta como factores la dieta recibida por el animal (convencional, 32% de yuca y malanga; 42% de yuca y malanga), la localización geográfica y el control según la siguiente ecuación:  $Y = \mu + L_i + T_j + FT_k + (LT)_{ij} + (LFT)_{ik} + (TFT)_{jk} + (LTFT)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$ , donde  $\mu$  es la media, L es la localización geográfica, T es la dieta que ha recibido el animal, FT es el control, LT es la interacción entre la localización geográfica y la dieta, LFT es la interacción entre la localización geográfica y el control, TFT es la interacción entre la dieta y el control, LTFT es la interacción entre la localización geográfica, dieta y el control,  $\epsilon$  es el error.

#### **4. Metodología para el sacrificio de los animales y obtención de medidas de la canal**

Cuando a los animales se les sacrifica con fines alimentarios, es imperativo por razones éticas que los métodos usados no causen dolor, y el proceso debería producir un mínimo estrés. Para cumplir con este requisito, a los animales se les debería insensibilizar antes de la matanza. El período de insensibilización debería incluir desde el momento cuando se inicia el sacrificio, hasta el tiempo que se requiere para que el animal se desangre hasta morir. Los métodos de aturdimiento usados en el cerdo son: aturdimiento eléctrico y mecánico por pistolas de émbolo oculto (FAO, 2004). Además, con la finalidad de reducir el estrés, la duración del tiempo que los animales permanecen en los corrales en espera del sacrificio debe ser de solo unas horas.

En Ecuador el Ministerio de Agricultura, desde la Coordinación General de Sanidad Animal, Dirección De Control Zoonosanitario, y Gestión de Bienestar

Animal, AGROCALIDAD, crearon en el 2013 el Instructivo para el sacrificio y disposición final de animales, en el que describen las acciones a ser consideradas por los centros de faenamiento a nivel nacional y cuyo objetivo es garantizar sacrificios profilácticos/sanitarios, la cual es supervisada por la autoridad veterinaria. Los métodos aprobados para el aturdimiento previo al sacrificio de los animales son los siguientes: mecánico, eléctrico, y en emergencias se aplica arma de fuego (AGROCALIDAD, 2013).

Tras la finalización de la experiencia se procedió al sacrificio de los animales siguiendo la normativa ecuatoriana establecida en el (Instructivo para el Sacrificio y Disposición Final de Animales, 2013), que consiste en aturdir al animal tras un ayuno de 10 horas, para luego proceder al desangrado de manera inmediata, evitando dolor al animal. Una vez certificada la muerte del animal, se procedió a realizar el despiece y toma de datos para la tercera experiencia del estudio.

En lo referente a la morfometría de la canal, solo el peso de la canal caliente se tomó al momento del sacrificio, los datos de las demás variables se tomaron al despiece de los animales que se efectuó a las 24 horas del sacrificio y previa congelación; las variables medidas fueron las siguientes: peso de lomo, jamón, paleta, costillar, cabeza y patitas; se tomó además las longitudes de la canal, hueso y musculo de paleta y jamón, y los perímetros de jamón y caña anterior; en lo que respecta al análisis de contenido de grasa, se tomaron datos del espesor de tocino dorsal al nivel de la primera y última costilla, y del glúteo, grasa del lomo y de la cadera. Los instrumentos de medición utilizados en el ensayo fueron: una balanza digital de alta precisión de la marca Montero y modelo TCS300JC61Z (con una capacidad máxima de 300 kg y una mínima de 2.000g (d=100g)), un calibrador vernier digital marca RexBeti stainless hardened, y una

balanza digital marca Jontex de capacidad máxima de 40 kg y mínima de 200 g (e=d= 5 g).

Los cortes efectuados en la canal se realizaron de acuerdo a lo señalado por Nieto *et al.* (2003), así la cabeza se cortó en la articulación occipito – atlas; el hombro fue separado del lomo y el vientre por un corte recto entre la segunda y tercera costilla y corte recto hasta el borde ventral de la escapula; el jamón fue extraído del lomo con un corte recto entre la segunda y tercera vertebra sacra perpendicular a los huesos de la pierna. Los lomos se separaron por medio de un corte que iniciaba por la escapula en el extremo craneal y seguía la curvatura natural de la columna vertebral, una vez separada cada parte, esta se pesaba y media según correspondía

## **5. Metodología para la digestibilidad aparente del íleon**

La digestión aparente ileal fue evaluada a partir de una muestra de 150 g tomada del íleon que, según los protocolos de conservación recomendadas por el laboratorio, fue congelada a -20 °C durante un periodo máximo de 5 días. La muestra se tomó tras el sacrificio de los animales una vez había finalizado la experiencia. La determinación de la digestibilidad aparente se efectuó aplicando la siguiente fórmula (Lachmann y Febres, 2000):

Coeficiente de digestibilidad (%) =  $[(NI - NH) / NI] \times 100$ , donde NI = Nutriente ingerido (15% de proteína en el alimento final) y NH = Nutriente en íleon (% de proteína del análisis bromatológico del íleon)

## **6. Metodología para la calidad de la carne y del tracto gastro-intestinal**

Se estudiaron las características de la carne y del tracto gastro-intestinal de cerdos criados bajo un sistema tradicional o traspatio y alimentados con piensos comerciales y dietas alternativas basadas en la yuca y la malanga.

En cuanto a la calidad de la canal, se efectuaron análisis bromatológicos, en el que se analizó el contenido de proteína, grasa, materia seca, humedad, ceniza y pH. La muestra de carne (200 g) fue tomada del musculo longísimo lumbar a nivel de la última costilla a tras un periodo de tiempo de 45 minutos del sacrificio, siguiendo la recomendación de Galián *et al.* (2007) y congelada a una temperatura entre -8 y -20 °C. El análisis bromatológico de la carne fue realizado por el laboratorio Multianalítica Cia. Ltda, que cuenta con la acreditación N° SAE LEN 09-008, emitido por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano “SAE” normas de calidad. Los métodos de referencia para los análisis de laboratorio de las muestras cárnicas fueron los siguientes: para humedad se aplicó el método AOAC 925.10, proteína bruta AOAC 2001.11, grasa AOAC 2003.06, Ceniza AOAC 923.03, pH NTE INEN ISO 4316:2014m, la materia seca se obtuvo restando la humedad.

Las vísceras digestivas, estomago, hígado, páncreas, intestino delgado, colon, ciego y recto, fueron separados de la canal. Para la toma de datos se siguió la metodología aplicada por Reis de Souza *et al.* (2012), separando cada una de las partes del tubo digestivo, la variante que se aplicó en nuestro ensayo es que las vísceras se pasaron tanto llenas como vacías. El peso total de las vísceras llenas y vacías, resultó de la suma de pesos de cada una de las partes.

Para evaluar el efecto de ambas alternativas alimenticias sobre las características de la canal y del tracto gastro-intestinal, así como de la digestibilidad aparente ileal se utilizó un ANOVA teniendo en cuenta la localización geográfica y la dieta administrada a los animales como factores.





## **RESULTADOS**

---



La tesis doctoral dio lugar al planteamiento de tres capítulos, y cada uno de ellos se encuentra integrado por el correspondiente artículo científico que presenta los resultados alcanzados. Los tres artículos se encuentran publicados en revistas científicas indexadas en Web of Science, dentro del primer Cuartil Q1.

El **Capítulo I** plantea la caracterización socio-productiva de la cría de cerdos traspatio en sectores rurales del cantón Jipijapa. El estudio permitió identificar las fuentes alimentarias, así como los aspectos que marcaron que la crianza de cerdos en la región es fundamentalmente una actividad social que está ligada estrechamente a los cultivos de cada sector. Este trabajo dio lugar a los siguientes trabajos:

- Caracterización socio productiva de familias campesinas productoras de cerdos traspatio en comunidades de Jipijapa – Ecuador (2019). Libro de Actas XII Congreso de la Federación Iberoamericana de Razas Criollas y Autóctonas Ciclo Internacional de Conferencias Dr. Jorge De Alba. Edita Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto -FEAGAS. ISBN: 978-84-09-15340-4.
- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Alcívar Cobeña, J.L.; Rodero Serrano, E. (2021). Characterization and typology of backyard small pig farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals*, 11 (6), 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>.

El **Capítulo II** presenta los resultados de ensayos en los que se incorporó a la dieta alternativas alimenticias identificadas en el capítulo I, como son la yuca y la malanga. Ambos alimentos alternativos fueron administrados a los animales tanto en la etapa de crecimiento como de engorde a través de la dieta formulada

expresamente para dicho estudio. En esta parte del estudio se analizó además la rentabilidad, la productividad y la asimilación de la proteína a nivel del íleon.

De este ensayo se realizaron los siguientes trabajos:

- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. (2020). Caracterización Bromatológica de fuentes de alimentación no Convencional Empleadas en la Producción de Cerdos. II Congreso internacional y multidisciplinar de investigadores en formación. Universidad de Córdoba – 2020.
- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. (2023) Utilization of Cooked Cassava and Taro as Alternative Feed in Enhancing Pig Production in Ecuadorian Backyard System. *Animals*, 13 (3), 356. <https://doi.org/10.3390/ani13030356>.

Finalmente, el **Capítulo III** centra su estudio en la calidad de la canal de cerdos de engorde, su contenido de grasa muscular e intramuscular, y el comportamiento del tracto gastro intestinal (TGI), así como de los órganos anexos en cerdos traspatio alimentados con yuca y malanga. El trabajo científico resultante de este último capítulo es el siguiente:

Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Gabriel Ortega, J.; Rodero Serrano, E. (2023). Effects of Alternative Cassava and Taro Feed on the Carcass and Meat Quality of Fattening Pigs reared under Ecuadorian Backyard Systems. *Animals*, 2023, 13 (19), 3086. <https://doi.org/10.3390/ani13193086>

## **CAPITULO I.**

**Caracterización socio productiva e identificación de alternativas alimenticias utilizadas por productores traspatio de cerdos del cantón Jipijapa.**

Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Alcívar Cobeña, J.L.; Rodero Serrano, E. Characterization and Typology of Backyard Small Pig Farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals* 2021, 11, 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>



## **Characterization and Typology of Backyard Small Pig Farms in Jipijapa, Ecuador**

Alfredo Valverde Lucio<sup>1</sup>, Ana González-Martínez<sup>2</sup>, José Luis Alcívar Cobeña<sup>3</sup>  
and Evangelina Roderó Serrano<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Natural Sciences and Agriculture, University of the South of Manabí UNESUM, 130303 Manabí, Ecuador; yhonny.valverde@unesum.edu.ec

<sup>2</sup> Department of Animal Production, Faculty of Veterinary Sciences, University of Córdoba, 14071 Córdoba, Spain; agmartinez@uco.es

<sup>3</sup> Livestock Research Group, The State University of the South of Manabí, 130303 Manabí, Ecuador; jose.alcivar@unesum.edu.ec

\*Correspondence: pa1rosee@uco.es

### **Simple Summary**

The Jipijapa region in the south of Manabí Province has the maximum contribution to the pig market in Ecuador. In this region, backyard pig production is important for the economy of the small family units. The main objective of this paper was to characterize the traditional systems of Jipijapa's small-scale pig producers and determine the farm categories according to the current characteristics of those systems for the implementation of the aid policy in the country. The study identified differences between the seven communities studied for social, productive, and local resource variables. Five types of farms were identified by multifactorial and hierarchic cluster analyses. The aspects that most contributed to the differences between those types of farms were the location, the age, the agricultural activities, the participation of women as owners of farms, the use of indigenous resources in construction, the genetics of the animals, and the food sources used. We determined that the rearing of pigs by small pig farmers



of the Jipijapa region is, fundamentally, a social activity and is linked to the crops of each area.

## **Abstract**

To characterize the traditional systems of small pig producers in Jipijapa (Manabí, Ecuador) and to classify farms into representative categories, we interviewed fifty-five farmers from seven communities considering four dimensions: social, organizational, production methods, and local food resources. Multiple correspondence analyses and hierarchical clusters were carried out using the Ward method. The analysis differentiated communities based on social, productive, and local resource variables, showing three factors that accounted for 85.3% of the total variance: the socioeconomic dimension, related to the welfare of families, explained 34.4% of the variation, the care provided to animals explained 30.9%, and the management practices for the supply of food explained 20%. We identified five clusters that shared common characteristics: Group 1 included farmers from Albajacal, wage workers, and Creole pig breeders, Group 2 included farmers raising pigs under lockdown conditions, Group 3 typified traditional farms from the La Cuesta community, Group 4 included landowners, and Group 5 included professionalized farmers in Colón Alfaro. We also studied the supplied alternative food formulations made up of crop surpluses. The role of small pig farmers is a social activity linked to the location, the crops of each area, and the specific practices for the care of animals.

**Keywords:** production system; sustainability; tropical areas; swine; non-industrial systems; small farms.

## 1. Introduction

In Latin America, two production systems have been identified, extensive agriculture on a commercial scale and family farming, marked by unequal access to production factors such as land, irrigation, credits, or information, which limits the capacity for their economic development (Crespo *et al.*, 2029). Despite their small contribution to production, small producers in the tropics play a very important role in socio-economic development due to the involvement of a large number of farmers and their families (Rangel *et al.*, 2017).

In developing countries, 50% of producers are subsistence farmers whose production objective is to ensure the stability of their household consumption and access to a financial source (García Martínez *et al.*, 2016). In these systems, livestock tenure is established as a way to ensure resilience in the face of economic emergencies for the nuclear family (Mena – Vasconez y Boelens R, 2016). Family farming produces more than 70% of the food consumed in Central America (FAO, 2014 ab).

Ecuador, with 89% of agricultural production units (APU) categorized as subsistence producers (MAGAP, 2016), is one of the Latin American countries that adopted the System of Popular and Solidarity Economy (SPE), which is a dynamic and balanced relationship between society, the state, and the market that aims to guarantee production under material and immaterial conditions that enable a good living (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016). Each APU, including the family-level production, is considered an actor in the popular and solidarity economy, recognizing that this sector represents 65% of jobs and 25% of gross domestic product (GDP) (Torres Peñafiel *et al.*, 2017).

The country has 828,267 APUs distributed throughout 98.27% of the 11,680,469 ha of the territory (Daza *et al.*, 2010). Small and medium-sized agriculture accounts for 85% of APUs and controls 20% of the land area, while commercial agriculture accounts for 15% and controls 80% of the arable soil. Despite this, family-type peasant production (small APUs) provides more than 60% of the food consumed in Ecuador (SENPLADES, 2014).

Small APUs are those that do not exceed 8 ha; in Ecuador, 425,926 small APUs cover an area of 3,462,491 ha (INEC – ESPAC, 2018). These small farms, in most cases, are livelihood farms and operate completely or in part with family labor (FAO, 2015).

In 2010, there were more than 100,000 APUs of backyard pig producers in Ecuador, which is equivalent to a total population of 1.4 million pigs, generating about 89,000 t/year of pork meat. On the other hand, there were 500 mechanized farms with 310,000 animals and meat production of 45,600 t (Pro Chile, 2013). However, in 2016, the scenario changed, and the pork production of semi-selected and mechanized farms increased to 84,000 t/year, while backyard pig production declined to 54,000 t/year (ASPE, 2016). This mechanization led to increased production of approximately 135,000 t/year (AGROCALIDAD, 2013).

The obvious abandonment of agricultural activities by small rural producers, including the rearing of backyard pigs, is worrisome, bearing in mind that these activities are important for the economy (Escobar Rivera, 2007). In addition, the livelihood systems host valuable zoo-genetic resources that need to be conserved because they have evolved to adapt to adverse environments, and there are situations in which biodiversity is being lost (Núñez Domínguez, 2016).

Reasons for this abandonment include the following: resistance to adherence to regulations of health control by the Ministry of Agriculture and Livestock, which seeks to ensure the safety of the meat consumed (AGROCALIDAD, 2013), the high price of inputs, the non-appreciation of the quality of carcasses produced by small rural producers, limited technical assistance, the application of new technologies (FAO, 20119), and the exodus from the countryside to the city (SHAH, 2016). Pig meat production fell by 16% and brought about changes in the production systems (INEC – ESPAC, 2018). In 18 years, the breeding of commercial breed pigs increased from 2% to 53% and their cross by about 21%, while Creole pork fell from 78% to 25%.

Manabí, the third-largest province in the country, led in national swine production until 2000, but currently ranks third, with a 31% decrease in production (INEC – ESPAC, 2018), as it has experienced a decline in APUs more than other areas. Pig production in Jipijapa (the southern microregion of Manabí) was 15,330 pigs until 2010, showing an increase of 61% compared to the agricultural census of 2000 (PDOT La América, 2015). Most of the producers in the region are peasants who engage in backyard production and commonly employ mixed pigs or Creole pigs from the Iberian breed introduced during the Spanish conquest (Bravo Garzón, 2017), which are preferred for their rusticity and environmental and food adaptation. Feeding of backyard pigs ensures financial returns to the farmers from their reproduction and meat production, despite their unbalanced nutritional management dependent on local agricultural by-products (Linares - Ibáñez *et al.*, 2011)

There are no organizational structures around the production of pigs—the producer individually decides how many pigs to raise and how to market them.

Farms range from one to five pigs, although there is a small group of producers who raise between ten and twenty pigs, and many APUs have ceased swine activity. In 2014, this heterogeneity motivated a study to characterize the socio-productive systems of backyard pigs in Jipijapa, specifically concerning the coffee production (Méndez *et al.*, 2014).

The diversity of systems in swine production may be determined by concomitant agricultural activities, by their geographical location, or by complex combinations of factors. Therefore, the characterization of this sector implies a search for typologies or group farms according to their similarities (Madry *et al.*, 2013) (Paul *et al.*, 2021). This makes it necessary to apply typification methodologies with cluster analysis of economic and social structural variables (Gibón *et al.*, 1999). In this way, we could identify specific productive strategies that can improve the opportunities of the studied areas (Álvarez *et al.*, 2018), prioritizing support, proposing specific measures, innovations, and policies for each identified category (Madry *et al.*, 2013; Toro Mujica, *et al.*, 2019; Fanchonea *et al.*, 2020).

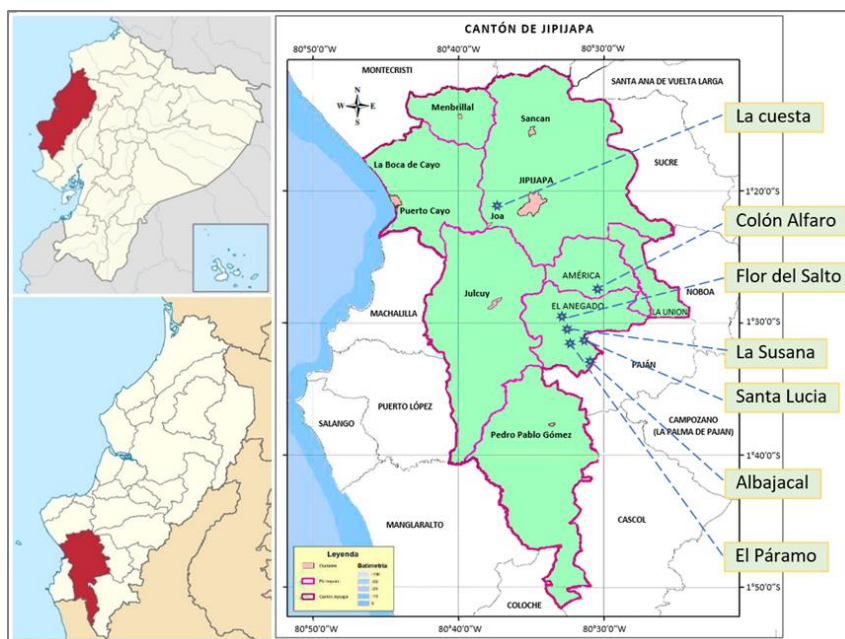
In this work, an up-to-date characterization of family backyard pig production systems in the rural sectors of the Jipijapa canton was performed to enhance the knowledge regarding the capacity of backyard pig breeders and identify the prevailing systems and factors that limit production and sustainability. This information will permit the identification of their relationship with the agricultural activity, the sociocultural and organizational aspects of this population segment, and the economy of the sector. Based on these results, recommendations can be made to promote this sector of the SPE and improve its impact at the national level. It allows to prevent the disappearance of these sustainable livelihood

systems and facilitate the settlement of families in agricultural territories (Guevara *et al.*, 2020).

## **2. Materials and methods**

### *2.1. Study Area and Data Origin*

The study was carried out in the southern microregion of Manabí Province, Jipijapa canton, and El Anegado parish (Figure 1), by the high percentage of the rural population (60%). This area is geographically located between 1°10' and 1°47' south latitude and 80°25' and 80°52' west longitude, with a local steppe climate considered BSh, a variant of the dry subtropical and warm semi-arid climate, with an average annual temperature of 23.7 °C and an average annual rainfall of 537 mm (Gobierno Provincial de Manabí, 2014). The population was 71,083 inhabitants as of 2010, with the population growing by 8.9% in the last nine years. The territorial area is 1567.45 km<sup>2</sup>, surrounded by an isolated and irregular massif mountain system, ending at the Colonche mountain range in the Jipijapa valley (El Diario, 2012).



**Figura 4:** Geographic location of sampling zones.

The characterization was carried out in three aspects:

Socioeconomic, which allowed us to identify age, schooling, specialized training, membership in associations, basic services, amount of time dedicated to raising pigs, animal health, waste management, and perception of aid from development bodies.

Productive, to characterize the operating system, breeds used, means of production, materials of construction, control of productive records and planning, type of animals slaughtered, and production levels.

The local resources available to producers for the rearing of animals, accounting for the types of local food inputs provided to the pigs, their origin, the equipment, and the ways of preparing or supplying food.

For this study, a static survey of 30 close-ended questions was designed, as well as recording the community in which each producer was located. The survey collected information on each area, with 12 socioeconomic, 12 productive, and 6

local resource variables. These qualitative variables were all of a nominal scale, ranging from 2 to 16 categories of responses. The productive aspect was supplemented by seven quantitative variables about the production levels related to the number, price, age, and weight of the pigs.

The survey was carried out with 55 producers, among the approximately 150 who live in the studied region according to the Territorial Ordering Plan (TOP). There were no official public registers or organizations of pig farmers. The survey was then completed following the “snowball” methodology (Severe R, 2014), which begins by locating certain individuals, leading to others, etc., until achieving a sufficiently high and representative sample number. In this way, all producers who were willing to provide information were interviewed.

The surveys were conducted in seven communities, the majority in the El Anegado parish, in the rural Jipijapa region, which is considered the cantonal head of Manabí. The TOP of El Anegado parish identified the communities that were most representative of the geography and population, and as a result, the work began in the Colón Alfaro community and then continued according to the method described, resulting in the following sample: Colón Alfaro, 10 producers; Albajacal, 10 producers; La Susana, 6 producers; Flor del Salto, 6 producers; La Cuesta, 13 producers; Santa Lucia, 5 producers; El Páramo, 5 producers. In these communities, with their varied climatic characteristics, relief, and agricultural production, the provision of inputs for animals and the production of pigs throughout the year are guaranteed.



## *2.2. Statistical Analysis*

For the initial characterization of Jipijapa's backyard pig farms with data from the 55 surveys, the absolute and relative frequencies in % and the descriptive average and variation statistics related to production levels were calculated.

In the second phase, multiple correspondence analysis (MCA) was used to analyze the relationships between categories of variables and to identify the dimensions defined by the associations between them. The percentage of variance explained the definition of factors. MCA was performed only with those variables that had the greatest variation and were not correlated with the others. For MCA, quantitative variables had to be transformed into bivariate ordinal variables according to Diaz and Garrido (Díaz y Garrido, 2015).

Subsequently, with the same variables as those used in MCA, a sequential analysis of hierarchical conglomerates was conducted to group the livestock and identify typologies. The solution for proper classification of all livestock was found using Ward's method and the Euclidean distance, which maximizes the homogeneity within groups and the greatest differences between groups (Fernández, 2008). For the definition of the characteristics of each identified cluster, the characteristics corresponding to variables of more than one option were expressed in bivariate mode in response to yes/no. The comparison between clusters was performed using ANOVA for quantitative variables and by Duncan tests for qualitative variables at the  $p < 0.05$  level. For all analyses, we used SPSS v.25 statistical software.

## **3. Results**

### *3.1. Characteristics of Jipijapa's Small Pig Farms*

Tables 3–6 present the characteristics of backyard pig production in the three areas studied in the Ecuadorian Jipijapa region, with more farms identified in the community of La Cuesta, which had 13 producers.

The age range of the farmers was very wide, from 17 to 88 years, with an average of  $52.31 \pm 2.36$  years. The results obtained from the socioeconomic or structural field also showed that, out of the 55 producers, 15 were women, 45.5% only finished primary school, and only 7.3% had a higher education, but not complete (Table 3). The owners of the farms were mostly the heads of households (70.9%), although the work of animal care was mainly carried out by women and children (43.6%).

Labor occupations were shared with agricultural activities on the farms (36.4%) or with day labor on nearby farms (38.2%), but they rarely involved exclusive pig rearing (1.8%). Most pig producers of Jipijapa had only electricity among the basic services (60%). In 21% of cases, they lacked electricity but had piped water. The most common source of water designated for pigs among pig farmers in Jipijapa was welling (72.7%).

Regarding garbage management, only 21.8% of farms had a collection service, and the majority (49.1%) buried their waste. Only 9% of producers had all these services, and none had access to the internet. Regarding socio-organizational aspects, 32.7% belonged to an organization, while only 9.1% benefited from a project or grant from the Ecuadorian state. Regarding training, public entities did not influence the sector for training. Although the vast majority (94.5%) would like to receive specialized training courses, only 14.5% of those surveyed had received them.

**Tabla 3:** Characteristics of socio-economic or structural confines of small pig producers of communities of El Anegado parish, Jipijapa (N = 55).

Variable	Class	Absolute Frequency	Relative Frequency (%)	MCA*
Community	Colón Alfaro	10	18.2	
	Albajacal	10	18.2	
	La Susana	6	10.9	
	Flor del Salto	6	10.9	*
	La Cuesta	13	23.6	
	Santa Lucia	5	9.1	
	El Páramo	5	9.1	
Schooling	Incomplete primary	10	18.2	
	Complete primary	25	45.5	
	Incomplete secondary	2	3.6	*
	Complete secondary	13	23.6	
	Incomplete higher	4	7.3	
Sex	Professional	1	1.8	
	Male	39	70.9	
	Female	16	29.1	
Family dedication	Husband	9	16.4	
	Wife	10	18.2	
	Children	12	21.8	
	Wife and children	24	43.6	
Occupation	Professional	1	1.8	
	Laborer	20	36.4	
	Farmer	21	38.2	*
	Housewife	10	18.2	
	Student	3	5.5	
Basic services	Pipe water	9	16.4	
	Electric energy	33	60.0	
	Pipe water and electric energy	8	14.5	*
Water supply	All	5	9.1	
	Pipe water	12	21.8	
	Well water	40	72.7	*
Waste control	River water	3	5.5	
	Garbage truck	12	21.8	
	Burn	12	21.8	*
	Bury	27	49.1	
Breeding by	Solar dump	4	7.3	
	Sell	26	47.3	
	Self-consumption	20	36.4	*
Breeding reason	Both	9	16.4	
	Food	12	21.8	
	Economy	29	52.7	
Belongs to an organization <sup>1</sup>	Both	14	25.4	
Part of an organized project <sup>1</sup>	Yes/No	18	32.7	
Received training courses <sup>1</sup>	Yes/No	5	9.1	
Would like to be trained <sup>1</sup>	Yes/No	8	14.5	
		52	94.0	

<sup>1</sup> Represents the number of affirmative answers. \* Variables used for multiple correspondence analysis (MCA).

In terms of production, the results show an intensive swine farming system (49.91%), or mixed (43.6%), with very scarce direct use of grazing resources (Table 2). The most common diseases in livestock were respiratory diseases (56.4%), although 36.4% reported the presence of multiple conditions, such as parasitism, gastrointestinal, and respiratory tract infections. Most of the producers (43.69%) know and carry out basic veterinary practices, such as the application of vitamins, deworming, and male castration.

Traditional pigsties are built to take advantage of various natural materials, such as cane, wood, and cadi leaves for the ceiling and a cement floor, and 54.55% of the pigsties were of this type. Other pigsties used only one of these elements, i.e., 29.09% used cane, 9.9% used wood, and only 7.27% had concrete walls and flooring.

Regarding the breeds of pigs that were selected, local genetic resources were found in all communities studied, with 61.82% of producers producing Creole pigs. Studies could be conducted to characterize and differentiate them fully. To reduce the cost of piglets, producers purchase pigs from other producers who do not control crossbreeds with other breeds. Therefore, 14.55% raised mixed-breed pigs, and very few had commercial pigs, such as Pietrain, Landrace, and Duroc breeds.

Only 23% of producers offered water to their animals ad libitum with automatic drinkers, while the majority offered water twice a day, in the morning and the afternoon (69%). The same system was used for the food supply (90.91%), using rustic feeders made with plastic containers, car tire rubber, or cement.

The local producers commonly did not register their productive agricultural activities (85.45%), and those who did so merely checked dates without using a well-crafted technical document. This situation is similar regarding the food register: 87.27% did not keep control over the costs of food given to pigs, especially those who supplemented the food requirements with agricultural products that they harvested on their own plantations. Producers justified the rearing of pigs only for self-consumption (21.82%), although 52.73% did so for economic reasons.

**Tabla 4:** Characteristics of the productive scope of small pig producers in communities of El Anegado parish, Jipijapa (N = 55).

Variable	Class	Absolute Frequency	Relative Frequency (%)	MCA *
Production system	Intensive	27	49.1	*
	Extensive	4	7.3	
	Mixed	24	43.6	
Preventative practices	Castration	5	9.1	
	Deworming	6	10.9	
	Vitamins and deworming	20	36.4	
	All	24	43.6	
	Cement	4	7.3	*
Pigsty construction material	Wood	5	9.1	
	Cane	16	29.1	
	Traditional	30	54.5	
	Creole	34	61.8	*
Pig breeds	Cross-bred	8	14.5	
	Pietrain	9	16.4	
	Duroc	3	5.5	
	Landrace	1	1.8	
Water supply <sup>2</sup>	Morning	4	7.3	*
	Morning and afternoon	38	69.1	
	All day	13	23.6	
Food supply <sup>2</sup>	Morning and afternoon	50	90.9	*
	All day	5	9.1	
Breeding time record <sup>1</sup>	Yes/No	8	14.5	*
Food costs record <sup>1</sup>	Yes/No	7	12.7	*
Common diseases	Parasitism	2	3.6	*
	Respiratory	31	56.4	
	Diarrhea	1	1.8	
	All	20	36.4	
	Other	1	1.8	
Plan production <sup>1,3</sup>	Yes/No	16	29.09	*
Record production costs <sup>1</sup>	Yes/No	7	12.73	*

<sup>1</sup> Represents the number of an affirmative answers, <sup>2</sup> they were combined to form a practical ordinal supply variable, and <sup>3</sup> combined to form nominal variable planning and recording practices. \* Variables chosen for multiple correspondence analysis (MCA).

At the production level, the parameters differed greatly between producers (Table 5). The number of pigs bred was  $4.44 \pm 0.55$  on average. Producers commonly raised one or two pigs, and others reached up to twenty. However, the probability of finding producers raising more than 10 pigs was less than 10%. The pigs' age of when fattening started also differed greatly between producers, ranging between 1.5 and 5 months, with an average of  $2.47 \pm 0.13$  months. They were slaughtered at 6 months in some farms and later in others, reaching the age of completion at 18 months.

The weight of the piglets at the onset of fattening was  $27.36 \pm 2.135$  lb on average, being associated with different ages: some started at 10 lb, and others at 70 lb. The average final weight was  $115.91 \pm 3.96$  lb, with a range between 70 and 200 lb. All of these differences are due to different cultures in the production process between communities (management, knowledge, types of food, and ways to supply it), as well as the breeds used for production. The prices received for the product were also quite heterogeneous, with an average of  $1.45 \pm 0.03$  USD/lb for live animals and  $2.57 \pm 0.04$  USD/lb for slaughtered animals.

**Tabla 5:** Descriptive statistics of pig production levels in El Anegado parish, Jipijapa (N = 55).

Variables	Median	Standard Deviation	Standard Error	Minimum	Maximum	MCA*
Number of pigs	4.44	4.11	0.55	1.00	20.00	
Age at the start of fattening (months)	2.47	1.00	0.13	1.00	5.00	
Final fattening age (months)	9.53	2.69	0.36	6.00	18.00	
Fattening start weight (lb)	27.36	15.84	2.14	10.00	70.00	*
Final fattened weight (lb)	115.91	29.19	3.94	70.00	200.00	*
Live sale price (USD/lb)	1.45	0.22	0.03	1.20	2.50	
Slaughter sale price (USD/lb)	2.57	0.28	0.04	1.75	3.00	*

\* Variables included in the multiple correspondence analysis (MCA).

Regarding the local resources, 60% of pig farmers in El Anegado region cultivated fodder to feed their animals and acquired the remaining products from plantations or communities (Table 6). Food alternatives specific to the pig farming sector, including the most abundant agricultural products in the area, were used by 54.55% of the producers. In any case, balanced food was always combined with these food alternatives, which are of great interest in the pig production system of this region.

In the relationship with food alternatives, 16 combinations were identified in which agricultural products were combined with cooking waste. The most frequently used products included maize, banana, pumpkin, cassava (yucca), ivory palm, and rice powder. Producers did not have a mill to produce flour and feed formulation equipment, and half (50.90%) prepared cut-up food, including cooked food (34.5%), especially banana.

**Tabla 6:** Characteristics of the scope of use of local resources in feeding livestock on pig farms in communities of Jipijapa (N = 55).

Variable	Class	Absolute Frequency	Relative Frequency %	MCA *
Feed sources	Commercial food	0	0.00	*
	Farm food	30	54.5	
	Both	25	45.4	
Farm food	Corn, banana, cassava, kitchen waste	1	1.8	*
	Corn, banana, kitchen waste	3	5.5	
	Corn, cassava, banana, tagua, kitchen waste	7	12.7	
	Corn, banana, cassava	3	5.5	
	Corn, banana, cassava, ivory palm, kitchen waste, pumpkin	9	16.4	
	Corn, banana, cassava, pumpkin, kitchen waste	2	3.6	
	Corn, banana, cassava, pumpkin, kitchen waste	8	14.5	
	Corn, cassava, banana, plantain, pumpkin	6	10.9	
	Cassava, banana	2	3.6	
	Corn, kitchen waste	1	1.8	

Variable	Class	Absolute Frequency	Relative Frequency %	MCA *
	Banana, kitchen waste	1	1.8	
	Corn, cassava, kitchen waste	1	1.8	
	Corn, banana	3	5.5	
	Banana, ivory palm, bean	1	1.8	
	Corn, cassava, banana, ivory palm	5	9.1	
	Banana, rice powder	2	3.6	
	Cooked	19	34.5	
Farm food preparation	Cut up	28	50.9	
	Cooked and cut up	7	12.7	
	Milled	1	1.8	
Sowing food crops <sup>1</sup>	Yes/No	33	60.0	
Has food preparation equipment <sup>1</sup>	Yes/No	0	0.0	
Would try new food alternatives <sup>1</sup>	Yes/No	52	94.5	

<sup>1</sup> Represents the number of affirmative answers. \* Variables used in multiple correspondence analysis (MCA).

### *3.2. Multiple Correspondence Analysis (MCA) for Variation of Small Family Farms in Jipijapa*

A high percentage of the variation (85.5%) could be explained by three factors or dimensions (Table 7). Factor 1 (F1), accounting for 34.4% of the variance, represented the operational aspects of swine production in the rural sectors studied, as it mainly related to the basic resources and infrastructures for the welfare of pigs and producers' families. The variables involved in this dimension were basic services, water sources, waste management, pig breeds, and sale price at slaughter.

The second factor (F2), explaining 30.89% of the variance, referred to the relative importance of the care provided to animals and involved the construction materials of the pigsty, duration of fattening, and food of the farm, in addition to the various occupations and practices of planning and registration, which also showed importance. The third factor (F3), explaining more than 20% of the variance, related to the dimension of food management, in which the most



important variables were those related to supply practices, involving time and how pigs were supplied the alternative food, as well as the age of onset of fattening.

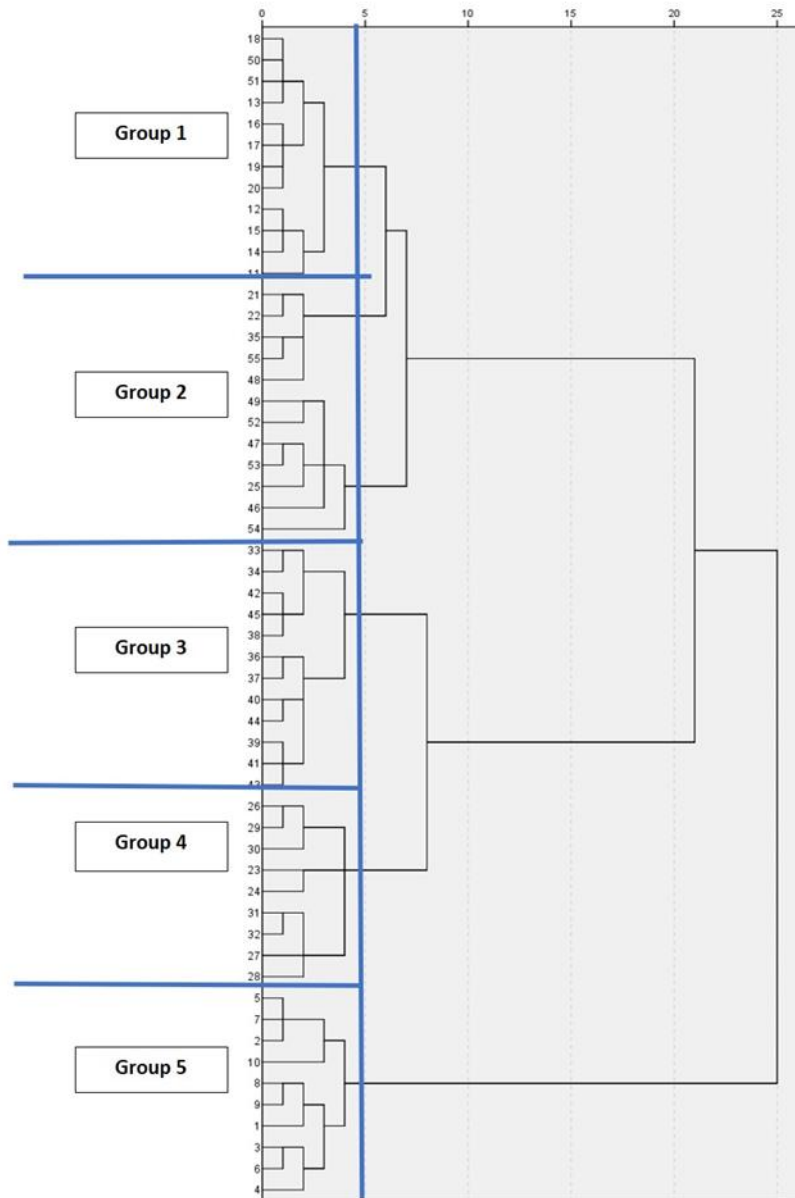
**Tabla 7:** Factors of multiple correspondence analysis.

	<b>Factors <sup>1</sup></b>		
	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
Age	0.03	0.17	0.15
Schooling	0.26	0.22	0.28
Occupation	0.22	<b>0.47</b>	0.29
Basic services	<b>0.62</b>	0.20	0.02
Drinking water supply	<b>0.58</b>	0.14	0.03
Waste operation	<b>0.60</b>	0.43	0.19
Common diseases	0.47	0.09	0.16
Production system	0.45	0.08	0.22
Pigsty construction material	0.25	<b>0.64</b>	0.13
Pig breed	<b>0.55</b>	0.37	0.10
Supply practices	0.08	0.05	<b>0.58</b>
Age of the start of fattening	0.27	0.26	<b>0.50</b>
Fattening duration	0.19	<b>0.58</b>	0.23
Breeding	0.19	0.34	0.01
Slaughtered sale price	<b>0.57</b>	0.28	0.40
Practice plan and record	0.14	<b>0.40</b>	0.17
Food sources	0.37	0.35	0.06
Farm food	0.36	<b>0.51</b>	0.12
Total active	6.19	5.56	3.64
% of variance	34.40	30.90	20.22

<sup>1</sup> In bold variables with high weight in the variation of each factor

### 3.3. Cluster Analysis for the Typology of Small Pig Farms in Jipijapa

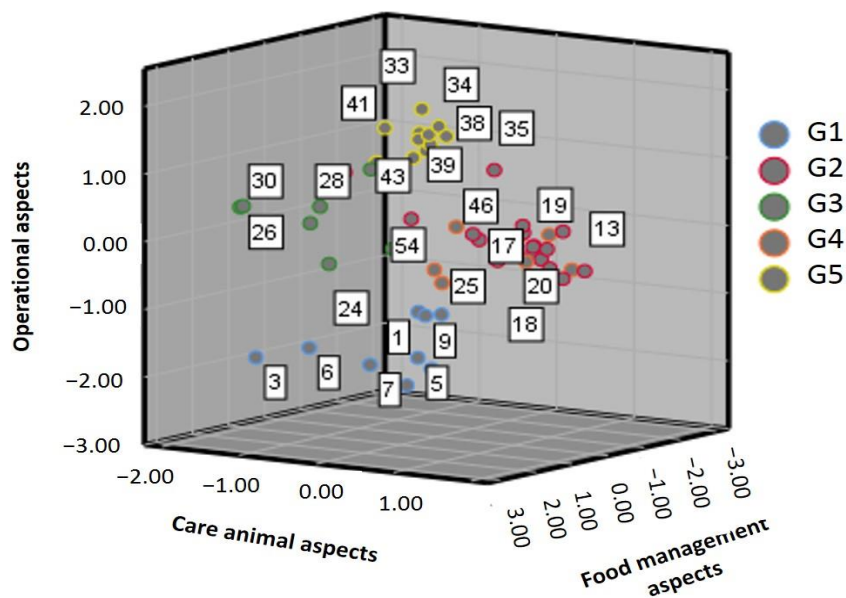
The cluster analysis established five groups to identify farm categories: groups 1–3 (G1, G2, G3) with 12 farmers in each group, group 4 (G4) with 9 farmers, and group 5 (G5) with 10 farmers (Figure 5).



**Figura 5:** Dendrogram for clustering and identification of groups of small pig farms in Jipijapa.

Figure 6 shows the distribution of farms in the rural sectors of Jipijapa considering the three dimensions corresponding to the MCA factors and contrasted with the five identified groups or clusters, which showed that backyard pig farming was found to be primarily an operational activity, linked to the families' welfare and to the management of the production system, where food times and

forms were the outstanding aspects in the breeding of pigs. The greatest homogeneity linked with the three factors was found in G2 and G5 groups, while G1, G3, and G4 groups had a higher dispersion of data, G3 and G5 were diverted to the social welfare dimension (F1), G1 was positioned toward the dimension of caring for pigs, and G2 and G4 were more geared toward the factor explaining food and fattening practices (F3). The last factor has crucial importance to the sustainable pig production systems of Jipijapa by taking advantage of the remains of agricultural crops in the area to fatten the pigs.



**Figura 6:** Cluster interaction and MCA dimensions.

### 3.4. Characteristics of the types of family pig farms in Jipijapa

The definition of types showed a clear effect ( $p < 0.001$ ) of geographic location, having G5 and G3 group breeders only in the communities of La Cuesta and Colón de Alfaro, respectively (Table 8).

**Tabla 8:** Locations of farms of small producers of Jipijapa pigs in each identified group (% over the total of farms in the group). In brackets is the number of farms.

<b>Location</b>	<b>G1 (12)</b>	<b>G2 (12)</b>	<b>G3 (12)</b>	<b>G4 (9)</b>	<b>G5 (10)</b>
Colón Alfaro	0	0	0	0	100.00
Albajacal	83.33	0	0	0	0
La Susana	0	25.00	0	33.33	0
Flor del Salto	0	0	0	66.67	0
La Cuesta	0	8.33	100.00	0	0
Santa Lucia	8.33	33.33	0	0	0
El Páramo	8.33	33.33	0	0	0

The characteristics of the identified groups according to the three areas analyzed are shown in Table 9.

**Tabla 9:** Characteristics and comparative analysis of the five groups of small producers of backyard pigs in Jipijapa. In brackets is the number of farms.

	<b>G1 (12)</b>	<b>G2 (12)</b>	<b>G3 (12)</b>	<b>G4 (9)</b>	<b>G5 (10)</b>	<b>Total (55)</b>	<b>p- Value</b>
Male gender (%)	75.00	50.00	75.00	88.89	80.00	72.73	ns
Middle age (years)	66.67 <sup>b</sup> ±14.08	51.75 <sup>ab</sup> ±17.62	44.33 <sup>a</sup> ±19.11	54.33 <sup>ab</sup> ±11.76	47.10 <sup>ab</sup> ±18.95	53.31±17.52	ns
Married (%)	33.33 <sup>b</sup>	66.67 <sup>ab</sup>	41.67 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	70.00 <sup>ab</sup>	60.00	**
Have children (%)	83.33	58.33	58.33	77.78	60.00	67.27	ns
Wife or children dedicated to raising pigs (%)	83.33	83.33	66.67	100.00	90.00	83.64	ns
Completed primary school (%)	75.00	83.33	75.00	88.89	90.00	81.82	ns
Completed secondary school (%)	16.67 <sup>b</sup>	33.33 <sup>ab</sup>	16.67 <sup>b</sup>	33.33 <sup>ab</sup>	70.00 <sup>a</sup>	32.73	*
Socioeconomic scope Farmer on own farm (%)	0.00 <sup>d</sup>	16.67 <sup>cd</sup>	41.67 <sup>bc</sup>	88.89 <sup>a</sup>	60.00 <sup>ab</sup>	38.18	***
Farm has piped running water (%)	25.00 <sup>c</sup>	58.33 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>	22.22 <sup>c</sup>	100.00 <sup>a</sup>	40.00	***
Has electricity (%)	83.33 <sup>a</sup>	41.67 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	83.64	***
Has drinking water (%)	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	22.22 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	21.82	***
Has garbage collection service (%)	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	33.33 <sup>c</sup>	90.00 <sup>a</sup>	21.82	***
Belongs to an association (%)	66.67 <sup>a</sup>	16.67 <sup>c</sup>	8.33 <sup>c</sup>	55.56 <sup>ab</sup>	20.00 <sup>bc</sup>	32.73	**
Has received professional training (%)	8.33	8.33	8.33	22.22	30.00	14.55	ns

	<b>G1 (12)</b>	<b>G2 (12)</b>	<b>G3 (12)</b>	<b>G4 (9)</b>	<b>G5 (10)</b>	<b>Total (55)</b>	<b>p- Value</b>
Produces only for self-consumption (%)	58.33 <sup>a</sup>	41.67 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	22.22 <sup>ab</sup>	60.00 <sup>a</sup>	36.36	**
Grazing practice (%)	33.33 <sup>b</sup>	25.00 <sup>cb</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	58.33	***
Average number of pigs	3.33±3.26	5.08±3.87	5.33±4.35	5.00±2.96	3.40±5.85	4.44±4.11	ns
Has a traditional pigsty (%)	8.33 <sup>c</sup>	58.33 <sup>ab</sup>	91.67 <sup>b</sup>	66.67 <sup>ab</sup>	33.33 <sup>ac</sup>	54.17	***
Breeds Creole pigs (%)	100.00 <sup>a</sup>	66.67 <sup>ab</sup>	41.67 <sup>b</sup>	66.67 <sup>ab</sup>	66.67 <sup>b</sup>	68.75	*
Provides water ad libitum (%)	33.33 <sup>ab</sup>	8.33 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>	44.44 <sup>a</sup>	33.33 <sup>a</sup>	20.83	*
Provides food ad libitum (%)	33.33 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	33.33 <sup>b</sup>	10.42	*
Castration (%)	83.33 <sup>a</sup>	75.00 <sup>a</sup>	8.33 <sup>b</sup>	44.44 <sup>ab</sup>	66.67 <sup>a</sup>	54.17	***
Draining (%)	100.00 <sup>a</sup>	83.33 <sup>ab</sup>	100.00 <sup>a</sup>	66.67 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	89.58	*
Deworming (%)	100.00 <sup>a</sup>	83.33 <sup>ab</sup>	100.00 <sup>a</sup>	66.67 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	89.59	*
Planned reproduction (%)	16.67	8.33	33.33	11.11	100.00	22.92	*
Age when pigs start fattening (months)	2.25 <sup>ab</sup> ±0.45	2.67 <sup>b</sup> ±0.98	3.58 <sup>a</sup> ±0.79	1.44 <sup>c</sup> ±0.53	2.10 <sup>ab</sup> ±0.74	2.47±0.10	***
Weight when pigs start fattening (lb)	15.42 <sup>c</sup> ±2.57	19.17 <sup>c</sup> ±7.64	52.50 <sup>a</sup> ±11.38	18.33 <sup>c</sup> ±3.53	29.40 <sup>b</sup> ±6.85	27.36±15.84	***
Age when they end fattening (months)	12.83 <sup>a</sup> ±2.48	9.25 <sup>b</sup> ±2.30	8.00 <sup>b</sup> ±1.59	8.44 <sup>b</sup> ±1.74	8.70 <sup>b</sup> ±1.95	9.53±2.69	***
Weight when pigs finish fattening (lb)	107.50±17.12	115.83±21.93	110.83±23.91	107.22±23.86	140.00±45.95	115.90±29.19	ns
Keeps record book for breeding (%)	0.00	16.67	8.33	33.33	33.33	14.58	ns

		<b>G1 (12)</b>	<b>G2 (12)</b>	<b>G3 (12)</b>	<b>G4 (9)</b>	<b>G5 (10)</b>	<b>Total (55)</b>	<b>p- Value</b>
	Price per sale alive (USD/lb)	1.44 <sup>ab</sup> ±0.20	1.55 <sup>a</sup> ±0.33	1.50 <sup>a</sup> ±0.00	1.53 <sup>a</sup> ±0.10	1.23 <sup>b</sup> ±0.09	1.45±0.22	**
	Price per sale slaughtered (USD/lb)	2.50 <sup>b</sup> ±0.00	2.49 <sup>b</sup> ±0.27	2.75 <sup>a</sup> ±0.00	2.89 <sup>a</sup> ±0.22	2.27 <sup>b</sup> ±0.30	2.57±0.28	***
Use of local resources	Uses farm food as an alternative (%)	66.67 <sup>ab</sup>	58.33 <sup>ab</sup>	25.00 <sup>b</sup>	33.33 <sup>b</sup>	90.00 <sup>a</sup>	54.55	*
	Average number of alternatives used	6.00 <sup>a</sup> ±1.04	5.00 <sup>ab</sup> ±1.28	4.50 <sup>b</sup> ±1.44	4.33 <sup>b</sup> ±1.12	2.50 <sup>c</sup> ±0.53	4.54±1.58	***
	Grows specifically for livestock (%)	16.67 <sup>b</sup>	50.00 <sup>b</sup>	91.67 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	50.00 <sup>b</sup>	60.00	***
	Uses kitchen waste (%)	75.00 <sup>ab</sup>	58.33 <sup>ab</sup>	33.33 <sup>b</sup>	88.89 <sup>a</sup>	50.00 <sup>ab</sup>	60.00	*
	Uses banana as alternative (%)	83.33 <sup>a</sup>	83.33 <sup>a</sup>	75.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	52.73	***
	Uses ivory palm as alternative (%)	58.33 <sup>a</sup>	41.67 <sup>a</sup>	33.33 <sup>ab</sup>	66.67 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	40.00	**
	Uses pumpkin as alternative (%)	83.33 <sup>a</sup>	33.33 <sup>b</sup>	25.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	30.91	***
	Cooks food (%)	66.67 <sup>ab</sup>	66.60 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>c</sup>	77.78 <sup>a</sup>	30.00 <sup>bc</sup>	47.27	***
	Only cuts up food (%)	33.33 <sup>b</sup>	33.33 <sup>b</sup>	100.00 <sup>a</sup>	11.11 <sup>b</sup>	30.00 <sup>b</sup>	43.64	***

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; ns, no significant difference. <sup>a, b, c</sup> superscript letters indicate significant differences amongst species ( $p < 0.05$ ).

#### 3.4.1. Group 1: Albajacal Wage Worker Creole Pig Breeders

The first group (G1) characterized 12 older pig farmers ( $66.67 \pm 14.08$  years) mainly from the community of Albajacal, who worked as day laborers (83.33%) and once belonged to an organization (66%). Most had only completed primary school, drank well water, and lacked waste collection, but had electricity. Most (66.7%) employed the system of locking in cane pigsty by 90% to raise about three castrated pigs of the Creole breed destined for self-consumption, which were under the care of the wife and children.

These pig farmers started pork fattening very early, at 2.25 months on average, and with very low weight ( $15.42 \pm 2.57$  lb), so the pigs needed to be fattened for a long time, up to the age of 12.83 months on average, to take them to an average final weight of 107.50 lb. Agricultural products were purchased from other farms. They did not typically use balanced food, and they often took advantage of waste from other farms and kitchen waste. A total of 67% cooked the food alternatives, and the rest simply chopped the food. They used an average of six products in the composition: together with maize and cassava, they usually added banana and pumpkin, among other local products.

#### 3.4.2. Group 2: Intensive-breeding pigs

The second category (G2) referred to 12 farms distributed among the communities of La Susana, Santa Lucia, and Paramo. Half of the heads of farms were women who had completed primary school (83.33%), and the average age was  $51.75 \pm 17.62$  years. They bred more under lockdown conditions (75%) and for sale (58.40%) and did not depend on state subsidies. They were not engaged



in agriculture, although 50% sowed food for livestock, which were Creole pigs in 66.67% of cases.

They did not record or plan their production, and their properties were of traditional construction, housing an average of five pigs that entered at a somewhat older age ( $19.17 \pm 7.64$  lb) and finished slightly later, at  $115.83 \pm 21.93$  lb on average. Although they had running water, it was not freely available to the animals, and was instead provided with the food rations once or twice a day. Approximately 67% cooked food alternatives, which were made up of combinations of five products, including bananas along with corn and cassava as a constant element.

#### 3.4.3. Group 3: Traditional type producers in the La Cuesta Community

The third category (G3), located exclusively in the community of La Cuesta, involved the participation of 12 producers. They were mostly men with very different ages, between 20 and 75 years old, and 75% had no education or only completed primary school. They were not associated and had not received state aid. They lacked basic running water and waste collection services, and only 41.67% had electricity. The production system was mixed, always taking the animals and providing them traditional pigsties available in almost all cases (95%).

These farmers bred 2 to 15 pigs, mostly of introduced breeds (60%), and they considered production as more of a business, since they reported that they did not raise them for their own consumption, although they did not keep records or castrate and start fattening when the pigs reached three months and weighed more than 40 lb. They did not grow food, they bought foods composed of five

alternatives on average that were always served without cooking, cut up only, and were typically supplemented with feed (75%). With this, the animals quickly (before five months) reached completion weight ( $110.83 \pm 23.91$  lb).

#### 3.4.4. Group 4: Farmers who owned their farm

The fourth category (G4) located mainly in Flor del Salto with some producers in the community of La Susana, included nine producers, mostly men (89%), whose average age was  $54.33 \pm 19.11$  years. A total of 90% had only completed primary school, and all were married and delegated animal care to their wife and children. All were farmers, mainly on the farm itself (89%), who claimed to breed mainly as a business. They had well water and electric power; however, few had a garbage collection service (33%). Among them, 55% were members of an organization but had not received support from the state.

All of them used a mixed production system, so the animals, mostly Creole (67%), had the opportunity to go out to graze and be housed in traditional type sties (67%), which, in some cases, were more technical, as 45% had permanent water supply facilities. They did not record or plan production (67%), and many did not usually castrate the animals (45%). Only 67% performed deworming. They all grew food for livestock but also fed the animals with cooking waste (89%) and balanced supplements (67.7%).

These farmers used at least two food alternatives consisting of about five components, among which the use of ivory palm stands out (67%). Additionally, they are characterized by the absence of pumpkin and banana. Food was typically cooked (78%), and fattening started very early, before two months, when the pigs weighed barely 18 lb, and took an average of seven months to finish at

a weight of  $115.90 \pm 29.19$  lb. Despite the small size of the animals, they fetched good prices, both live and slaughtered ( $2.89 \pm 2.02$  USD/lb).

#### 3.4.5. Group 5: Professional farmers of Colón Alfaro

The fifth category (G5), fully located in the community of Colón Alfaro, was made up of 10 producers, mostly men (80%), who left the rearing of pigs to their wives and children (90%). They had very different ages, ranging from 17 to 69 years, and had the highest level of schooling, as almost 70% had finished high school, 30% had been professionally trained, and 10% had higher education. Almost all were self-employed farmers (90%), and only one worked as a day laborer. All had basic services (electricity, piped drinking water, and garbage collection), were not organized, and had not received government support.

These farmers raised very few pigs: half raised fewer than five Creole pigs and half-breeds, and all did so in an intensified and planned way, keeping records of production and practicing deworming. The slings were made of cement and wood, they started fattening at an average age of just two months but at a good weight ( $29.49 \pm 6.85$  L), and finished them after about seven months at an average final weight of less than 100 L; therefore, sales prices were very low (1.23 and 2.27 USD/lb on average for live and farmed animals, respectively).

There were 60% who reported raising animals for consumption only. They did not use commercial foods, and half grew food for livestock and added kitchen waste to the food alternatives, using only two or three products, among which banana was usually present (80%). The food was usually fed to the pigs without cooking (70%).

#### 4. Discussion

The high variability between types of producers and forms of livestock management found for family production systems with pigs in Jipijapa coincides with what was found by other authors in tropical systems (Nath *et al.*, 2013). It is appreciable that the rural sectors of Ecuador have limitations at the level of basic services (Martínez, 2017). The dimension related to infrastructure, represented by the variables of basic services, water sources, and waste management, which are key elements for the operational and the welfare of families' point of view, was pivotal for the classification obtained in this work. These factors were previously shown to be directly related to the profitability of production (Avendaño-Reye *et al.*, 2020).

We found that small pig producers in Jipijapa intended to sell the animals, and a lower percentage bred them only for self-sufficiency (36.6%). Similarly, (Solís *et al.*, 2020) found a lower percentage (25%) of Ecuadorian goat producers in Santa Elena who only bred the animals to meet their basic needs.

The pig farmers of Jipijapa were mostly tenants or were employed as wage workers (MAGAP, 2016), which was less pronounced in the Colon Alfaro and Flor del Salto (G5 and G4) community groups that include the majority of landowners. Leasing is often preferred over land ownership due to the high capital requirements for land acquisition and the high risk of investment (Katchova y Ahearn, 2015). Our results show that the establishment of aid for the acquisition of land would be particularly important to develop investments and stabilize the Albajacal (G1) farmers to the territory (Guevara *et al.*, 2020)

The age and education level of the producers are key elements in farmers' ability to adapt to socioeconomic changes, which is directly related to the ability to implement production strategies on farms (Kontogeorgos *et al.*, 2014; Gongora *et al.*, 2019). Young people tend to have a higher level of education and have been seen to achieve better productivity levels and profitability rates. Therefore, they are less dependent on subsidies (Castillo-Quero y Guerrero, 2019) and appear to have a greater inclination toward organic production activities (Hamilton, 2015). The average age of the small pig farmers in Jipijapa was  $53.31 \pm 17.52$  years, and the community of Albajacal had the oldest population, which proved to be a determining factor in the organization of the groups we identified. Our data coincides with the goat systems in Santa Elena (Ecuador) reported by Solis *et al.* (2020). However, regarding the producers' training level, our result in Jipijapa were more favorable than Santa Elena (72.7% vs. 61% of producers who have at least completed primary school, respectively).

The agricultural activity that prevails in the canton of Jipijapa are the monocultures of banana, coffee, corn, cassava, etc., which were highly dependent on the frequent changes in commercial demands and agricultural policies occurring in Ecuador since the late 1990's. This has resulted in peasant families having to seek forms of resilience and diversified production modes and farm work (Chancay, 2016). The backyard pig production systems in the studied communities of the Jipijapa canton are part of the organization of the agricultural farm to cover the needs of the families. Although the sale of 3–5 pigs per year does not constitute a relevant commercial activity, this contributes to the family economy, which was found to be complemented by the self-sufficiency in 52% of

the interviewees. This point of view is essential to understand and explain the reported characteristics of the agroecosystems of the backyard pig in Jipijapa.

Thus, generally (84%), but more especially in Group 4, the care of the pigs remains in the hands of women and children (100%), while men move to perform agricultural work on farms located in the vicinity of the housing, or as laborers on other farms nearby (3–5 km away) during the planting or harvest seasons. Our results agree with those found in other agricultural areas with similar conditions, such as Río Blanco—Nicaragua (98.52%) (Hernández y Rodríguez, 2013) or dairy cattle systems in the Sierra Norte of Ecuador (Guevara, 2020). However, they differ from other agricultural systems in rainfed areas in Ecuador, such as goat farms in Santa Elena (37%), where management and grazing systems are extensive and are not integrated with the agricultural work.

The economic processes at the territorial level throughout Latin America have led to a high feminization of agriculture (Lachmann y Febres, 2000; Pico Dominguez, 2022). In the case of Ecuador, Mena-Vascónez *et al.* (2016) explained that women take the leading role due to the men's need to carry out wage-earning activities in the cities. This is not the case in Jipijapa, where the city of San Lorenzo is small (approximately 48,000 inhabitants) and does not offer great job opportunities to people living in the agricultural area. Our results suggest the need to carry out plans to bring technical training to the communities from the G1, G2, and G3 groups, especially aimed at women and children raising the pigs.

Da Silva (2013) noted the farm facilities as another important factor for pig production and fattening. The characteristics of the backyard pigs in Jipijapa also contributed to the typification of the groups; the producers of La Cuesta, making

up G3 group, used traditionally built pigsties with cane as the most used material for the walls and straw (cady) or zinc sheets for the roof. In Brazil, traditional accommodations are used by 50% of Bisaro pig producers (Paixão *et al.*, 2018). Nath *et al.* (2013) provided a similar description of traditional piggeries, indicating that they are made from bamboo and wood, as these materials are available in the vicinity, which implies reduced labor costs but does not strictly respect the standards of health and environmental hygiene (Paixão *et al.*, 2018).

With exception of backyard pig farmers from the G5 group, production planning and recording practices are not usually carried out (only by 29.09% and 12.73% of producers, respectively). Beyli *et al.* (2012) indicated that poor planning affects the sustainability of Ecuador's production system, increasing production costs, and may even dilute or, in some cases, eliminate profitability. In this sense, Acero, (2016) and Cattaneo *et al.* (2015) also indicated that planning provides several advantages: the provision of work, the application of good practices, a reduction in social problems, an assortment of various nutrients, the management of feeding schedules and bedding, and reproductive adaptation. Therefore, it is imperative to keep records of the chosen swine production system regarding not only productive data but also planning tasks and operations that require training and technical advice (Lovera, 2018). This would be especially important in the G2 group, where only 8.33% of farmers plan the animals' reproduction.

The variables of the third dimension (F3) named as "food supply practices" included the dedication to food and water supply to pigs (attention to feeder and drinkers, etc.). They are relevant due to their contribution to reducing the risk of disease transmission to the consumer, ensuring the health quality of the final product (Brunori, 2015; Paramio, 2012). La Cuesta farmers (G3) do not have

running water, so the animals' water is rationed in all cases, with grazing being the main feeding system (only 25% of supplementation). Our results have shown the need to improve accommodation and practices to provide them with food and water in the G3 group.

Conservation of local zoo-genetic resources is valuable in subsistence systems as they are biodiversity reservoirs and have evolved in adapting to their environment (Nuñez-Dominguez *et al.*, 2016). In all the studied rural communities, Creole pigs were produced (61.82% of total cases). However, because of the cost of piglets, pigs are often acquired from other producers who do not control crosses with other breeds (14.55%). In another region of Ecuador (El Oro Province), the situation with respect to Creole breeds was similar: 53% of farms had Creole pigs and 37% had crossbreeds (Gordillo, 2016). At the global level, similar situations are also observed in the family porciculture of Mexico City (Linares *et al.*, 2011) and in Baraguá–Cuba (Ruenes, 2013), which are also characterized by the breeding of Creole pigs or combinations with improved crossbreeds.

In this work, the genetics of the pigs produced has been a decisive aspect for defining the category of G1 (Alba-jacal producers) being pure Creole pig breeders. The meat of the Creole pigs is not appreciated by the consumers of Jipijapa, due to its higher amount of fat. For this reason, the price for the sale of Creole pigs is lower than that of pigs of other breeds. The Albajacal community could be one of the last niches for the conservation of the endangered Creole pigs of Ecuador. The preservation of this local zoo-genetic resource would require international or national aids that allow the implementation of an in situ conservation program in Albajacal, the creation of small meat processing



industries, and the promotion of the differentiated quality of the products of Creole pork produced in the area. In Ecuador, an adult pig is sold for USD 100 to 150, and the differences could be related to the added value provided by the health guarantee of the operation, that in 10% of cases is carried out at the home level and without veterinary inspection (AGROCALIDAD, 2013). In our study, the established groups showed a large difference in the sale price obtained for slaughtered pork, reaching prices in G4 of  $2.89 \pm 0.22$  USD/lb on average, which do not appear to be related to the prices obtained per sale alive. These results suggest that consumers prefer meat from younger pigs. This is the case of the G4 group farmers, who sacrificed their animals at  $8.44 \pm 1.74$  months and sold them at  $2.89 \pm 0.22$  USD/lb, in comparison with the G1 group, who received 2.50 USD/lb at a sacrifice average age of  $12.83 \pm 2.48$  months. The duration of fattening was 9.3 months on average. However, the fattening cycle in most cases ended at 18 months, which is attributed to the supply with food only from the area without considering the nutritional content (Nath *et al.*, 2013). Hence, detailed economic studies should be developed to assess the production costs of each of the feeding strategies that different groups are currently performing in order to determine the optimal moments to start the fattening period and the slaughter age.

In this work, all producers used alternative formulations based on local agricultural food and kitchen waste to reduce the cost of the pigs' feeding. This finding agrees with other studies in tropical and subtropical countries (Rangel *et al.*, 2017; Ruenes *et al.*, 2013; Dunga *et al.*, 2019). However, although Paixao *et al.* (2018), in Brazil, reported that 94.7% of producers completed feeding with

crops from the farm itself, grazing was present in 40% of cases, while in our study, it was only present in 28% of cases.

The most frequently used products (corn, cassava, banana, pumpkin, tagua, and rice powder) and the combinations in which they were supplied in the feeding of backyard pigs in Jipijapa were found to be differentiating factors among the five groups given the dependence on crops in each zone and the availability or harvest time. In this way, banana and pumpkin were not included in the diets by producers in G4 and G5, as these foods are not usually grown in those communities (Colón Alfaro, Flor del Salto, and Susana), whereas these products were commonly used by most of the G1 group producers located in Albajacal.

Only 45% of producers interviewed used commercial food. Nevertheless, this was always combined with their own productions' by-products, commonly made with home-grown corn and by-products such as rice powder, and to a lesser extent, soybean paste due to the high cost. In 50.9% of cases, soybean paste was supplied raw, without caution for anti-nutrients (e.g., cyanoglucosides and tannins), which usually resulted in a state of pigs' chronic intoxication (Ly, 1998), as cited in (Almaguel *et al.*, 2010). Likewise, the green bananas used by the first three groups contain large amounts of free tannins, which produce an astringent flavor that limits their voluntary consumption and digestibility (Padilla, 2019). The bananas' nutritional value would be improved through physical or chemical treatment to be used in pigs' feeding, as was demonstrated with potatoes by González-Torres *et al.* (2021). Hence, in order to have effective, economical, and safe local alternatives to commercial feeds, the potential use of local Jipijapa products should be investigated considering the optimal formulation, acceptability, the best mode of supply, and the effects on pork growth and health.

From the sustainability point of view, these practices will help in reducing crops and kitchen waste and to make the most of food resources, thus contributing to the circular economy. In low-income countries with high levels of food insecurity, reducing food loss can have a positive impact on food and environmental exploitation. As reported by the FAO (2019), Ecuador together with Peru have the greatest diversity of agricultural foods but register the least amounts of fruits, vegetables, cereals, legumes, and roots waste and by-products. Their use as fodder for animals could be contributing to these good results.

Our results, in comparison with those reported by García-Martínez *et al.* (2016), show a very low and varied level of innovation between regions, and that small producers of backyard pigs in Jipijapa intend to produce enough to ensure food for their households and a stable source of income. Appropriate incentives and plans ensure access to basic services, and increased training, are needed to improve producing families' lives. Modernization (in terms of technology, foods, and breeds), farm infrastructure amelioration, and livestock management practices have proven to be essential factors to increase production, thus contributing to improving family income for Ecuador's producers (Crespo *et al.*, 2019; Franco–Crespo y Sumpsi Viñas, 2019).

## **5. Conclusions**

The research determined the socio-productive importance of backyard pig farming for families in the rural sector of Jipijapa canton and characterized the production systems. The sampling and survey and the approach methodology used to determine the diversity of small family-type farms with backyard pigs were adequate to record the existing variability and to identify groupings.

Depending on the location and socioeconomic, management, and feeding practices analyzed, we investigated the main factors explaining variations among five types of farms and identified their characteristics. This can be used as a tool to help producers and institutions determine local potentialities, to identify weaknesses, and to establish the most appropriate innovations for each type.

This also sheds light on the role played by small family farms in Jipijapa in swine production and the interest in driving efforts toward the agro–ecological transition. The linkage of small producers to agricultural activities allows them to carry out sustainable production based on their feeding strategies with the use of by-products of crops and cooking waste that, together with the use of Creole pigs, allows a reduction in the use of external inputs.

The results identified the structure of the sector and the critical points and invite reflection and sustainable solutions to improve the family production of the backyard breeding of pigs in Jipijapa.

We detected a need to analyze the toxicity and productive efficacy of the formulations used and to characterize the genetic resources that are bred.



## **CAPITULO II**

### **Utilization of Cooked Cassava and Taro as Alternative Feed in Enhancing Pig Production in Ecuadorian Backyard System**

Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Utilization of cooked cassava and taro as alternative feed in enhancing pig production in ecuadorian backyard system. *Animals* 2023, 13, 356. <https://doi.org/10.3390/ani13030356>



## **Utilization of cooked cassava and taro as alternative feed in enhancing pig production in Ecuadorian backyard system**

Alfredo Valverde Lucio<sup>1</sup>, Ana Gonzalez-Martínez<sup>2</sup> and Evangelina Rodero Serrano<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Natural Sciences and Agriculture, University of the South of Manabí (UNESUM), Jipijapa 130303, Ecuador

<sup>2</sup> Department of Animal Production, Faculty of Veterinary Sciences, University of Cordoba, AGR-134, ceiA3., 14071 Córdoba, Spain

\* Correspondence: pa1rose@uco.es

### **Simple Summary**

Pork production in Ecuador is a significant contributor to the country's economy and food security, producing 227,769 metric tons of meat and 1,969,922 pigs, including 1,019,570 fattening pigs. This industry provides employment for 80,000 people, with many operations being family-run and utilizing alternative feed ingredients made from agricultural by-products or surplus crops to reduce costs. This approach to farming not only helps to lower production costs and increase profitability, but also minimizes environmental impact by using local resources and reducing waste. In addition, research has demonstrated that incorporating alternative feedstuffs, such as cooked cassava and taro, as partial substitutes for corn can lead to improved growth and fattening in pigs, as well as increased protein assimilation at the ileum level.



## **Abstract**

Pork production in Ecuador is of significant economic and nutritional importance. Many of these operations are family- or backyard-based and utilize alternative feed ingredients to reduce production costs. The current study aimed to determine the chemical composition of cooked cassava and taro, and to evaluate their inclusion in the feed of backyard pigs during the growth and fattening phases. A total of 42 castrated pigs from two geographic locations in Ecuador were studied over a period of 100 days, during which their weight and measurements were recorded at three-week intervals. At the end of the experiment, ileum samples were collected from the slaughtered pigs in order to calculate the apparent digestibility of the feed. The crude protein levels of cassava and taro were found to be 3.2% and 2.1%, respectively. The combination of cooked cassava and taro was found to be a suitable replacement for corn, with the best results observed in the group receiving a diet incorporating 21% each of cassava and taro. Analysis of the ileal content also revealed that this group exhibited the highest nitrogen assimilation from the diet.

**Keywords:** growth; small farms; subproduct feeds; tropical areas; swine.

## **1. Introduction**

Meat production in Ecuador, with a national output of 227,769 metric tons and a pig population of 1,969,922, of which 1,019,570 are used for fattening, is a significant contributor to employment and food security in the country, generating 80,000 jobs (Muñoz-Ron *et al.*, 2020). The predominant production system in Ecuador is backyard family production, comprising 96% of the industry. There are also a few commercial (3%) and industrial (1%) farms (ASPE, 2022)

The backyard pig farming system in Ecuador relies heavily on concentrated feeds, often (45% of pig producers) supplemented with alternative feed ingredients derived from household kitchen leftovers and agricultural crop by-products (Gutierrez *et al.*, 2017; Valverde *et al.*, 2022).

Feed accounts for over 65% of total production costs in pork production in Ecuador (Garcia-Contreras *et al.*, 2012), and the most commonly used ingredients in concentrate preparation are cereals and oilseed meals (González, 2005), with corn making up 50–70% of cereals (Yapura, 2021). However, agricultural production generates residues that are not properly managed, leading to negative environmental consequences (Riera *et al.*, 2018). Ecuador generates agricultural residues from products such as sugar cane, rice, corn, bananas, and tubers such as potatoes (Roca-Pérez *et al.*, 2017). Additionally, taro (*Colocacia esculenta* (L.) Schott) generates a non-exportable rejection of 7.5% of a production of 700,000 boxes per year (Sanchez *et al.*, 2018).

Traditional farming systems, such as the backyard system, in Ecuador have the advantage of reducing costs through the use of alternative products in animal feed (Lino Coello, 2020). These systems are also of great economic significance for rural producers (Escobar, 2007) The introduction of alternative feedstuffs for pig rearing brings benefits in several areas: i) economic and productive, as their nutritional content can replace traditional feeds without negatively impacting animal production (Piroca *et al.*, 2017; Rauw *et al.*, 2020; De Quelen *et al.*, 2021) and reducing production costs (Quiñones *et al.*, 2007; Plúa *et al.*, 2019); ii) food security, by reducing competition with other staple *foods* for human consumption (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016); and iii) environmental, by reducing the disposal of crop residues and promoting crop diversification, which helps to

decrease the environmental impact of corn production (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016).

In tropical regions of Ecuador, alternative feed ingredients used in pig farming include cassava (*Manihot esculenta*), plantain (*Musa paradisiaca*), pumpkin (*Cucurbita maxima*), tagua (*Phytelephas aecuatorialis*), and taro (*Colocacia esculenta* (L.) Schott) (Caicedo *et al.*, 2019). To optimize the use of these feeds, it is important to analyze their nutritional content, suitability for animal feeding, and the physiological and/or productive stages of the animal (Yapura, 2021). Backyard producers typically use corn as the primary feed for pigs, which is supplemented with plantain, pumpkin, cassava, tagua, rice powder, and taro according to availability (Valverde *et al.*, 2021).

Taro grown in Ecuador is primarily exported to the USA and Puerto Rico due to a lack of consumption culture in the country of origin (Mendoza Unda, 2021). However, when the product does not meet size and shape standards for human consumption, it is used as animal feed (Caicedo *et al.*, 2019). Taro can be grown throughout the year in Ecuador's tropical climate, resulting in an annual production of 17 metric tons (Instituto de Promoción de exportaciones e inversiones "PRO ECUADOR", 2022).

Cassava is grown by small farmers in Ecuador year-round, at elevations ranging from near sea level to 1620 m above sea level. Ecuador has approximately 22,000 hectares (Hinostroza *et al.*, 2014) dedicated to cassava cultivation. It is frequently used for animal feed production, particularly the tuber, although the stem and leaves are also consumed fresh (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011)

According to the Food and Agriculture Organization (FAO, 2022), cassava is the fourth most important feed commodity after rice, wheat, and corn, with a starch content ranging from 55–77% (Knowles *et al.*, 2012), predominantly composed of amylopectin and a smaller amount of amylose. Cassava has a higher caloric content than other tubers, including potatoes (Vargas Aguilar y Hernández Villalobos, 2013). Its low retrogradation starch content facilitates digestion and utilization by animals (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011).

Taro has high-quality starch (Púa *et al.*, 2019) due to its branched amylopectin, which facilitates the absorption and entry of water into intermolecular spaces, increasing solubility (Carbajal, 2019). These characteristics make it suitable for feeding monogastric animals, such as pigs, and because taro starch is finely textured, it can be fed to young pigs (Sánchez *et al.*, 2018).

According to previous research (Almaguel *et al.*, 2010), cassava and taro primarily provide simple carbohydrates that are easily digestible for monogastric animals. However, further investigation is needed to determine their impact on animal health and growth (Osorio-Carmona y Giraldo-Carmona, 2012). These alternatives contain anti-nutritional factors or toxins that can negatively affect health and productivity, and should therefore not be fed raw (Aro y Akijokun, 2012; Babatunde *et al.*, 2021). Both cassava and taro contain hydrocyanic acid (HCN) (Perdigon P, *et al.*, 2014) oxalates, and phytates (Sánchez *et al.*, 2018; Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018; Carbajal, 2019; Púa *et al.*, 2019) which can reduce the assimilation of nutrients (Caicedo *et al.*, 2019) by binding with minerals such as calcium, magnesium, and iron, resulting in the formation of mineral salts that inhibit gut digestion (Carbajal, 2019). While these components have not reached toxic levels, they can still affect animal health (Carbajal, 2019). However, various

treatments such as high temperature exposure or ensiling can significantly reduce the percentage of antinutrients in the feed (Phoneyaphon y Preston, 2016; Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018) resulting in a more suitable feed for consumption (Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018; Carbajal, 2019; Valencia, 2020).

Ecuadorian backyard pig producers in southern Manabí who sell animals directly for slaughter usually supply cooked cassava and taro as feed, supplemented with balanced feed (Valverde *et al.*, 2021). In order to support the production and marketing of backyard pigs, it is crucial to understand their growth performance and standardize the most suitable feed formulation. Previous research has investigated the use of cassava or taro as alternatives to traditional pig feed (Romero de Armas *et al.*, 2017; Caicedo, *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2018), but there is very limited information available on the use of simultaneous cassava and taro formulations in pig feed.

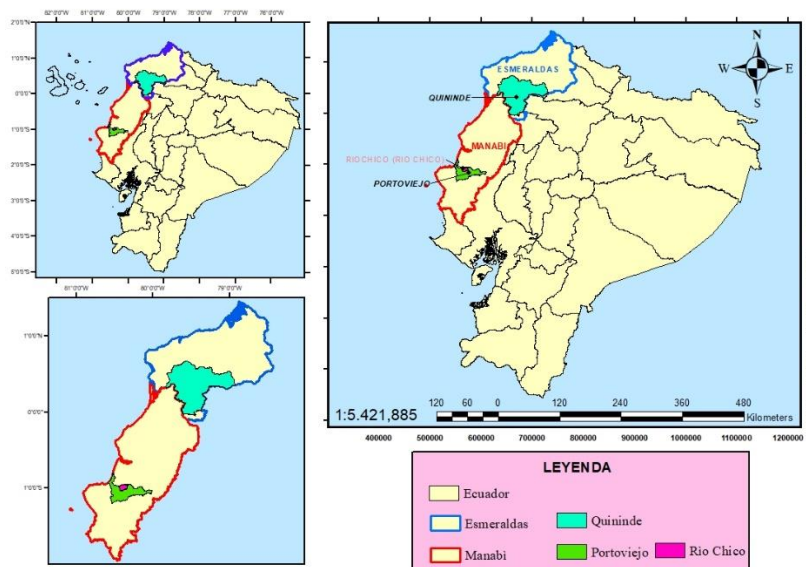
The main goal of this study was to evaluate the effectiveness of using cassava and taro as alternative feed ingredients in the growth and fattening phase of pigs in order to enhance production conditions in Ecuadorian backyard pig-producing communities.

## **2. Materials and Methods**

### *2.1. Geographical Location*

This experiment was conducted in two locations in Ecuador: the Quinindé canton within the province of Esmeraldas and the Río Chico Parish within the Portoviejo canton of the province of Manabí (see Figure 7). These locations, which are situated in the Ecuadorian tropics, have average annual temperatures

of 23–26 °C (00°13'33" North Latitude and 73° 26'00" East Longitude) and 25 °C (1°0'0" South Latitude and 80°26'0" West Longitude), respectively (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rio Chico, 2014; Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Quinindé, 2012)



**Figura 7:** Geographic location of the sampling zones

Produced by: Ing. Juan García Cabrera. Mg. Sc and Ing. Alfredo Valverde Lucio. Mg. Sc.

## 2.2. Data Collection and Experimental Diets

A total of 42 castrated crossbreed pigs (male and female) aged sixty days were used in the study. Before the experiment began, the pigs were given a 10-day period of adaptation to the location and a progressive change in their feed. It is worth noting that the volume of experimental feed was gradually increased every 5 days.

The pigs used in the study were creole pigs mixed with the Pretrain breed from small pig producers in the vicinity of the experimental location. The pigs selected

for the study had similar weight at 45 days of birth, ensuring a high level of uniformity. The animals were transferred from local producers to the experimental location, where they were individually identified and vaccinated against African swine fever. They were given an acclimation period until they reached 60 days of age.

The animals were randomly divided into six groups (seven animals per group), corresponding to three different feeding diets (T1, T2, and T3) and two geographical locations (Quinindé and Río Chico). The pigs were housed in handmade pigsties with cement flooring, cement-plastered brick walls, zinc roofing (Figure 8), and a stocking density of 1.25 m<sup>2</sup> per animal for the duration of the 100-day experiment. The pigsties had a trough large enough for all seven pigs in each group to feed simultaneously and a drinker with running water. The animals were exposed to natural light during the day and artificial light at night to protect against the common vampire bat (*Desmodus rotundus*). The temperature in both locations was similar throughout the trial.



**Figura 8:** Pigs used and the pigsties employment in the trial.

The feed diets were formulated using the Excel program in the Microsoft Office 365<sup>®</sup> suite, utilizing the scoring method (Instituto Nacional Tecnológico INATEC, 2016). The ingredients used were corn, rice powder, red palm oil, cassava, taro, and a protein concentrate for growth and fattening. Both cassava and taro were purchased fresh, with the tuber specifically used in the pig feed. The protein concentrate was sourced from the company “Bio alimentar” (Pelileo-Ecuador). This composition ensured that the pigs’ protein requirements, as well as their vitamin and mineral needs, were met.

To design complete diets, three replicates of 200 g of cassava tuber and three replicates of 200 g of taro tuber were analyzed in the chemical laboratory of the University of the South of Manabí (UNESUM) and the laboratory Multianalityca S.A. (Quito - Ecuador) (certified SAE LEN 09-008). This was done after the tubers were cooked for 30 min to determine their nutritional composition. After the chemical analysis of both feed alternatives was completed, the diets were formulated based on the nutritional needs of the pigs according to their reproductive stage (i.e., growth and fattening). The feed without corn replacement was provided in meal form, while those with cassava and taro were given wet. The cassava and taro were chopped, cooked for approximately thirty minutes or until softened, and salted. The diet with alternative feed ingredients was prepared daily, divided into two portions, and provided twice a day at 8 am and 3 pm for the entire 100-day duration of the experiment.

At the start of the experiment, the pigs were given 8.96 kg of feed per week, which was increased weekly according to the Genetiporc table for fattening pigs (Paulino, 2016). This resulted in a total of 22.47 kg of feed being provided in the final week. It was not necessary to take into account the feed that was not



consumed, as all batches were fully consumed by the pigs. There were no instances of mortality among the 42 animals during the trial, and all remained healthy throughout the experiment.

### *2.3. Measurement for Production Performance and Digestibility*

The productive performance of the animals was measured through live weight (kg), height (cm), and length (cm) of the animals, as well as their feed conversion ratio. Weight, height, and length were obtained individually by placing the animals in a cage that had previously been placed on a high-precision digital scale (Montero TCS300JC61Z (Quito – Ecuador), with a maximum capacity of 300 kg and a minimum of 2000g (d = 100g)). The feed conversion was calculated in each group of animals (T1, T2, and T3) using the ratio between the feed administered and the average weight gain (Paulino, 2016). The weighing and measurement (height and length) of the animals was carried out every 21 days, for a total of five data collections, three during the rearing phase and two during the fattening phase.

At the end of the experiment, the pigs were slaughtered in accordance with Ecuadorian animal welfare regulations (AGROCALIDAD, 2013), which involve stunning and bleeding after 10 h of fasting. To analyze the apparent digestion, a sample of 150 g of ileum was collected from 30 pigs (5 animals per group) and subsequently frozen at -20 °C for a period of less than 5 days (Osorio-Carmona *et al.*, 2012). The following characteristics were analyzed in each ileum sample (the method of analysis is specified in brackets): moisture (Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) 925.10); crude protein (AOAC 2001.11); fat (AOAC 2003.06); ash (AOAC 923.03); pH (Ecuadorian Technical Standard (NTE)

INEN ISO 4316:2014m); crude fiber (NTE INEN 522:2013). The calories, carbohydrates, and dry matter of the ileum were estimated through the following calculations, based on methods established by (Maclean *et al.*, 2003):

Calories = (carbohydrate (g) × 4) + (protein (g) × 4) + (fat (g) × 8) + (fiber (g) × 4);

Carbohydrate = 100 – (moisture + fiber + fat + protein + ash);

Dry matter = (initial weight – dry weight)/initial weight.

The determination of the apparent digestibility was carried out by applying the following equation of (Lachmann y Febres, 2000) as adapted by (Pico Dominguez y Valverde Lucio, 2021):

$$\text{Coefficient of digestibility (\%)} = \frac{(NI-NH)}{NI \times 100}$$

NI (nutrient ingested) represents 15% of the protein content of the diet received by the animal at the end of the trial, while NH (nutrient in ileum) is the percentage of protein from the chemical analysis of the ileum.

#### 2.4. Economic Analysis

The economic benefits of using alternative feeds in pig rearing and fattening were evaluated. This process took into account the initial cost of acquiring and transporting the animals, as well as the cost of setting up housing facilities for the animals. Feeding and health costs during the experiment, as well as costs related to slaughtering and cleaning utensils, were also considered. The economic analysis was conducted using a cash-flow approach, in which costs and revenues

were estimated, resulting in the application of the financial ratio benefit–cost ratio and the unit cost of pork according to the treatments (Ortega, 2012).

## 2.5. Statistical Analysis

The data were analyzed using two completely randomized Analysis of Variance (ANOVA) models: one for body traits and feed conversion and one for ileal traits. For the analysis of the effects of body measurements and feed conversion, a factorial arrangement of balanced repeated measures was applied. The model included the variables of geographic location (L), treatment (T), time factor (FT), and their interaction (L × T × FT) (Equation 1). For the model with an ileum chemical analysis, the model included variables of geographical location (L), treatment (T), and their interaction (L × T). The LSD test was used to compare LSMEANS, with a significance level set at  $p < 0.05$ .

$$\text{Equation 1: } Y = \mu + L_i + T_j + FT_k + (LT)_{ij} + (LFT)_{ik} + (TFT)_{jk} + (LTFT)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

where:  $\mu$  is the overall mean, L is the geographical location, T is the feeding or diet system treatment, FT is time factor, LT is the interaction location and feeding, LFT is the interaction location and time factor, TFT is the interaction feeding and time factor, LTFT is the interaction location, feeding and time factor,  $\varepsilon$  is the sampling error, and  $ijk$  is for any value of  $ijk$ .

To further analyze the effects of the various factors on body traits and feed conversion, regression analyses were performed. The economic parameters were also analyzed.

Statistical analysis was conducted using Statistica 12.0 for Windows and InfoStat 2020e software.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Nutritional Composition of Cooked Cassava and Taro as Feed Alternatives to Replace Corn for Backyard Pigs

The chemical analysis of cooked cassava and taro is presented in Table 10. The analyses showed that cooked cassava had a crude protein content of 3.2%, while taro had a crude protein content of 2.1%. The crude fiber content was similar in both tubers (1.75 in cassava and 1.53 in taro), while the lipid content was higher in cassava (0.73 versus 0.18).

**Tabla 10:** Nutritional composition of cooked cassava and taro.

Parameters	Cooked Cassava	Cooked Taro
Dry matter (%)	37.86	39.15
Protein (%)	3.20	2.10
Humidity (%)	62.24	60.85
Ash (%)	1.04	1.11
Crude fiber (%)	1.75	1.53
Lipid (%)	0.73	0.18
Organic matter (%)	36.80	38.04

The protein levels we have obtained in cooked cassava (3.2) are lower than those obtained by (Rodríguez *et al.*, 2009), as well as by (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011) (5.17) in uncooked cassava, but higher than those provided by (Vargas y Hernandez, 2013). These differences may be due to the fact that the protein levels of the cassava tuber depend on the variety and the type of management during cultivation. This is especially the case regarding that which affects fertilization (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011). In addition, the lipids

obtained for cassava showed similar values to those obtained by Vargas and Hernández (Vargas y Hernandez, 2013).

According to Knowles *et al.* (2012) (whose results are consistent with ours in Table 10), the crude fiber content is low. Our sample of cooked taro had a crude fiber content of 1.53 g/100 g, similar to the results of Ramírez-Rivera *et al.* (2011) (1.56 g/100 g), but lower than that reported by Púa *et al.* (2019). The latter authors attributed differences in the results of different studies to the degree of maturity at which the tuber is harvested. However, our sample of taro had similar crude protein, lipid, and ash content to that reported by Púa *et al.* (2019). According to this author, magnesium is the predominant mineral in taro, followed by calcium, iron, and zinc. Other researchers have found similar lipid and ash content in taro samples, but higher protein and fiber content (Sánchez *et al.*, 2018; Carbajal, 2019).

Based on the data from the chemical analysis, the composition of the diet administered to each of the treatments (T1, T2, and T3) was determined. This was done for both the growth and fattening phases of the pigs, as shown in Table 11. The diet administered to the pigs in the T1 or control group did not contain any cassava or taro, while the other two groups received 32% (T2) and 42% (T3) of cassava and taro in equal amounts, based on previous studies (Parra *et al.*, 2002; Romero de Armas *et al.*, 2017). Both alternatives substituted a portion of the corn in the feed, so that the amount of corn was reduced by 60% in T2 and 81% in T3 by 81%.

**Tabla 11:** Nutritional value and composition of the used diets.

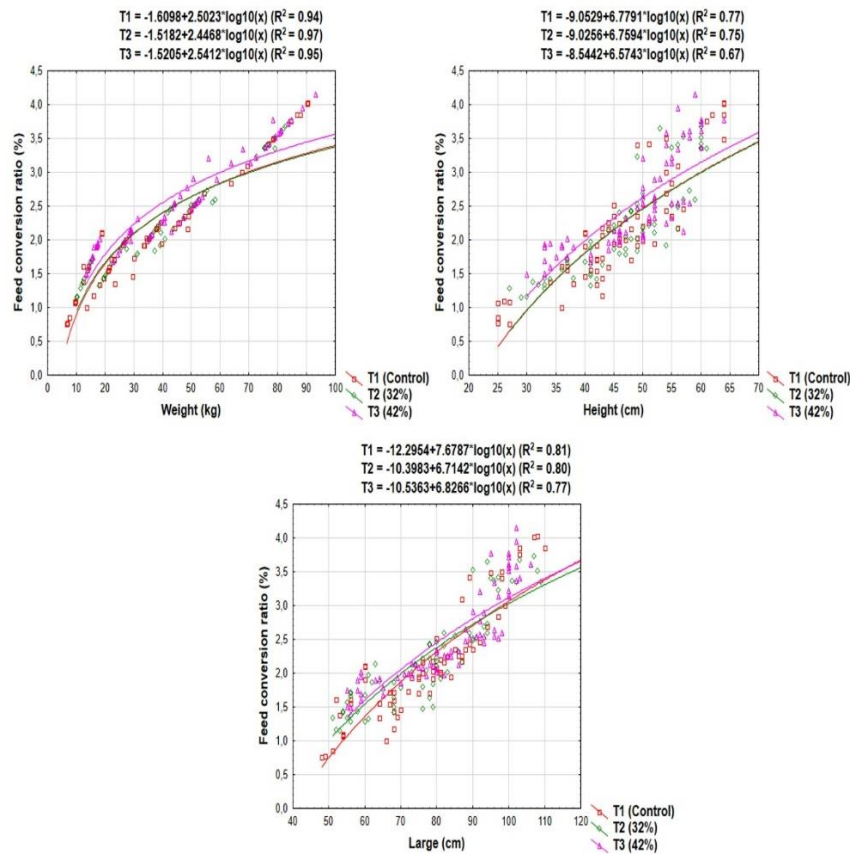
Ingredients <sup>1</sup>	Phase					
	Growth			Fattening		
	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)
Corn (kg)	23.64	9.55	4.55	23.64	9.55	6.36
Protein concentrate (kg) <sup>2</sup>	13.18	16.36	17.27	11.36	15.00	16.36
Rice powder (kg)	8.18	4.55	4.09	10.00	5.91	3.18
Cooked cassava (kg)		7.27	9.55		7.27	9.55
Cooked taro (kg)		7.27	9.55		7.27	9.55
Red palm oil (kg)	1	1	1	1	1	1
Salt (g)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Crude protein (%)	17.35	17.35	17.35	15.30	15.29	15.29
Gross energy (kcal/kg)	3098	3079	3077	3084	3079	3094

<sup>1</sup> Quantity per kilo of feed. <sup>2</sup> Soybean meal, rice by-products, banana meal, free fatty acids, molasses, calcium carbonate, mycotoxin binders, vitamin supplements (A, D3, E, and K3), riboflavin, niacin, thiamine mononitrate, cyanocobalamin, pyridoxine hydrochloride, biotin, trace mineral supplements, manganese sulfate, zinc sulfate, copper sulfate, ferrous sulfate, sodium, calcium iodide, methionine, lysine (such as hydrochloride and sulfate), threonine, choline chloride, antifungals, enzymes, antibiotics, and antioxidants.

### 3.2. Growth and productive performance of backyard pigs in Ecuador reared on cooked cassava and taro feed alternative to corn

The pigs had an average starting weight of 13.66 ± 0.49 kg and showed exponential growth throughout the experiment, with the T3 group (42% alternative feed), exhibiting particularly strong growth compared to the other two groups (see Figure 9).

Although the two phases were distinguished based on the productive stage of the animals (growth to fattening), the regression curve of the weight and size of the animal (height and length) in relation to the feed conversion ratio did not show an inflection point corresponding to the change in stage.



**Figure 9:** The relationship between body traits and feed conversion ratio in each treatment.

T1: conventional feed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

Although the two phases were distinguished based on the productive stage of the animals (growth to fattening), the regression curve of the weight and size of the animal (height and length) in relation to the feed conversion ratio did not show an inflection point corresponding to the change in stage.

**Table 12:** Repeated measures analysis for the productive performance parameters.

Source of Variation	df	Traits			
		Weight	Height	Length	Feed conversion ratio

Treatments (T1, T2 and T3)	2	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Location (Quinindé and Río Chico)	1	$p < 0.001$	$p < 0.001$	0.608	$p < 0.001$
Time point (1 to 5)	4	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Location × Treatments	2	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Time point × Treatments	8	0.514	$p < 0.01$	0.062	0.516
Location × Treatments × Time point	8	0.784	0.678	$p < 0.01$	0.912
Error	161				
Total	204				

T1: conventional feed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

Geographical location significantly influenced pig growth ( $p < 0.05$ ) (Table 12). These differences may be attributed to the genetic diversity of the pigs, which results from the various combinations of breeds, leading to varied responses (Procel Parra, 2019). Pigs that received a diet containing 42% feed alternative (T3) from Quinindé exhibited the highest weight gain throughout the growth phase (12.35 kg between control 1 and 2; 19.14 kg between control 2 and 3) (Table 13). In contrast, the poorest growth data was observed in T1 (8.39 kg between control 1 and 2) and T2 (11.58 kg between control 2 and 3), both from Río Chico. Liveweight was statistically different ( $p < 0.01$ ) among the controls in each of the six groups, as well as among the treatment and geographical location variables. Pigs in the T1 group from Quinindé were the largest at the beginning of the rearing phase (37.71 cm in control 1 and 44.29 cm in control 2), but size was improved in T3 from the same location at the end of the rearing phase (50.71 cm in control 3). In terms of body elongation, pigs in the T3 group exhibited the greatest increase in length over the course of the first phase ( $p < 0.01$ ). Despite the positive growth performance of pigs fed cassava and taro alternatives, feed conversion ratio was better in the T1 (conventional) pig groups for both



geographical locations, Quinindé and Río Chico at 1.4 and 1.8, respectively. Additionally, pigs in the T3 (42% feed alternative) group had the worst feed conversion ratios (2.2 and 2.0, respectively).

**Tabla 13:** Productive performance (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation)) of growing backyard pigs fed with different formulations from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico)

Traits	Time point	Quinindé			Río Chico			P		
		Treatments <sup>1</sup>						Location (L)	Treatment (T)	L $\times$ T
		T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)			
Weight (kg)	1	8.43 $\pm$ 0.6 (3.81) <sup>Cc</sup>	11.43 $\pm$ 0.3 (7.03) <sup>bb</sup>	15.96 $\pm$ 0.63 (10.5) <sup>Ca</sup>	15.40 $\pm$ 1.07 (18.11) <sup>Ca</sup>	14.39 $\pm$ 0.44 (4.67) <sup>Ca</sup>	15.61 $\pm$ 0.64 (10.86) <sup>Ca</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
	2	18.2 $\pm$ 1.22 (16.47) <sup>Bd</sup>	20.39 $\pm$ 0.58 (7.51) <sup>Bcd</sup>	28.31 $\pm$ 0.65 (6.07) <sup>Ba</sup>	23.79 $\pm$ 0.79 (8.75) <sup>Bbc</sup>	25.22 $\pm$ 1.2 (12.64) <sup>Bab</sup>	26.45 $\pm$ 0.92 (9.24) <sup>Bab</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
	3	33.13 $\pm$ 2.27 (16.79) <sup>Ab</sup>	38.53 $\pm$ 1.58 (10.87) <sup>Ab</sup>	47.45 $\pm$ 1.7 (9.5) <sup>Aa</sup>	35.86 $\pm$ 0.83 (6.13) <sup>Ab</sup>	36.80 $\pm$ 1.12 (8.02) <sup>Ab</sup>	38.34 $\pm$ 0.95 (6.55) <sup>Ab</sup>	0.028	$p < 0.001$	$p < 0.001$
	P	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$			
Height (cm)	1	25.83 $\pm$ 0.4 (3.81) <sup>Bd</sup>	30.71 $\pm$ 0.84 (7.21) <sup>Cc</sup>	33.29 $\pm$ 0.68 (5.41) <sup>Cbc</sup>	37.71 $\pm$ 0.89 (6.26) <sup>Ca</sup>	35.86 $\pm$ 0.63 (4.67) <sup>Cab</sup>	35.57 $\pm$ 0.75 (5.59) <sup>Cab</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.01$	$p < 0.001$
	2	41.17 $\pm$ 1.08 (6.41) <sup>Bb</sup>	44.43 $\pm$ 0.3 (1.9) <sup>Bb</sup>	45.71 $\pm$ 0.42 (2.43) <sup>Ba</sup>	44.29 $\pm$ 1.04 (6.21) <sup>Bab</sup>	42.43 $\pm$ 1.23 (7.68) <sup>Bab</sup>	44.29 $\pm$ 0.9 (5.33) <sup>Bab</sup>	0.225	$p < 0.01$	0.051
	3	42.17 $\pm$ 0.87 (5.07) <sup>Ac</sup>	46.43 $\pm$ 0.65 (3.7) <sup>Ab</sup>	50.29 $\pm$ 0.47 (2.49) <sup>Aa</sup>	49.29 $\pm$ 0.61 (3.25) <sup>Aa</sup>	50.14 $\pm$ 0.67 (3.54) <sup>Aa</sup>	50.71 $\pm$ 0.29 (1.49) <sup>Aa</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
	P	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$			
Length (cm)	1	51.57 $\pm$ 1.12 (5.29) <sup>Cc</sup>	54.31 $\pm$ 1.15 (5.56) <sup>Cbc</sup>	61.29 $\pm$ 1.64 (7.09) <sup>Ca</sup>	56.71 $\pm$ 1.29 (6.00) <sup>Cab</sup>	55.29 $\pm$ 0.36 (1.72) <sup>Cbc</sup>	56.86 $\pm$ 0.67 (3.12) <sup>Cab</sup>	0.667	$p < 0.001$	$p < 0.001$

Traits	Time point	Quinindé			Río Chico			P		
		Treatments <sup>1</sup>						Location (L)	Treatment (T)	L × T
		T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)			
	2	66.17 ± 0.75 (2.77) <sup>Bbc</sup>	71.14 ± 2.51 (9.34) <sup>Bab</sup>	77.57 ± 1.21 (4.13) <sup>Ba</sup>	72.14 ± 1.68 (6.17) <sup>Bab</sup>	62.29 ± 1.21 (5.14) <sup>Bc</sup>	70.14 ± 1.45 (5.49) <sup>Bb</sup>	<i>p</i> < 0.05	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001
	3	75.83 ± 1.82 (5.86) <sup>Ab</sup>	77.86 ± 0.99 (3.35) <sup>Ab</sup>	90.71 ± 1.08 (3.16) <sup>Aa</sup>	80.43 ± 1.36 (4.47) <sup>Ab</sup>	76.14 ± 1.52 (5.28) <sup>Ab</sup>	80.71 ± 0.99 (3.26) <sup>Ab</sup>	<i>p</i> < 0.05	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001
	P	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001			
	1	0.94 ± 0.07 (17.55) <sup>Cc</sup>	1.28 ± 0.03 (6.97) <sup>Cb</sup>	1.78 ± 0.07 (10.44) <sup>Ca</sup>	1.72 ± 0.12 (18.29) <sup>Ba</sup>	1.6 ± 0.05 (8.09) <sup>Ca</sup>	1.74 ± 0.07 (10.83) <sup>Ba</sup>	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001
Feed conversion ratio (%)	2	1.34 ± 0.09 (16.43) <sup>Bd</sup>	1.5 ± 0.04 (7.47) <sup>Bcd</sup>	2.08 ± 0.05 (6.14) <sup>Ba</sup>	1.75 ± 0.06 (8.77) <sup>Bbc</sup>	1.86 ± 0.09 (12.76) <sup>Bab</sup>	1.95 ± 0.07 (9.23) <sup>Bab</sup>	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001
	3	1.9 ± 0.13 (16.70) <sup>Ab</sup>	2.21 ± 0.09 (10.09) <sup>Ab</sup>	2.72 ± 0.1 (9.48) <sup>Aa</sup>	2.06 ± 0.05 (6.23) <sup>Ab</sup>	2.11 ± 0.06 (8.01) <sup>Ab</sup>	2.2 ± 0.5 (6.46) <sup>Ab</sup>	<i>p</i> < 0.05	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001
	P	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001			

<sup>1</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro. <sup>ABC</sup> for each group within a geographical location, as well as the least square means without a common superscript differ significantly (*p* < 0.05) between time point. In addition, <sup>abcd</sup> for each control, least square means without a common superscript differ significantly (*p* < 0.05) between groups.

Geographical location significantly ( $p < 0.05$ ) affected pig growth during the fattening phase (Table 14). These differences may be due to genetics, as the miscegenation of pig breeds can result in varied responses (Procel Parra, 2019). Pigs fed with 42% feed alternative (T3) from Quinindé showed the lowest weight gain during the fattening phase, with an increase of 23.68 kg, while pigs from Río Chico and those fed with conventional concentrate increased the most in weight, by 36.19 kg. In terms of height, pigs from Quinindé fed with a 42% feed alternative showed the smallest increase, at 3.00 cm, while pigs from Río Chico and those fed with conventional concentrate increased the most, by 8.28 cm. Similarly, pigs from Quinindé fed with a 42% feed alternative showed the smallest increase in length, at 5.43 cm, while pigs from Río Chico in the T2 group showed the largest increase, at 14.29 cm. In terms of feed conversion ratio, as in the previous stage, pigs from Quinindé fed with conventional feed (T1) showed the best results in the two control groups, with ratios of 2.13 and 3.05. The worst feed conversion ratio was observed in the T3 group from Quinindé at the beginning of the fattening phase (2.79) and in the T1 group from Río Chico at the end of the fattening phase (3.73).

**Tabla 14:** Productive performance (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation)) of backyard pigs fed in fattening stage with different formulations of cassava and taro in two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

Traits	Time point	Quinindé			Río Chico			Location (L)	Treatment (T)	L $\times$ T
		Treatments <sup>1</sup>								
		T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)			
Weight (kg)	1	43.18 $\pm$ 3.12 (17.7) <sup>b</sup>	47.60 $\pm$ 2.40 (13.36) <sup>ab</sup>	56.73 $\pm$ 2.58 (12.04) <sup>a</sup>	47.72 $\pm$ 1.79 (9.91) <sup>ab</sup>	48.93 $\pm$ 2.11 (11.41) <sup>ab</sup>	48.99 $\pm$ 1.39 (7.50) <sup>ab</sup>	0.735	$p < 0.01$	$p < 0.05$
	2	68.62 $\pm$ 4.67 (16.66) <sup>b</sup>	71.64 $\pm$ 3.74 (13.87) <sup>ab</sup>	80.41 $\pm$ 3.13 (10.31) <sup>ab</sup>	83.91 $\pm$ 2.87 (9.04) <sup>a</sup>	78.93 $\pm$ 3.26 (4.22) <sup>ab</sup>	80.38 $\pm$ 3.19 (3.91) <sup>ab</sup>	$p < 0.01$	0.200	0.051
	P	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$			
Height (cm)	1	44.17 $\pm$ 0.87 (4.84) <sup>d</sup>	48.71 $\pm$ 0.42 (2.28) <sup>c</sup>	52.86 $\pm$ 0.59 (2.98) <sup>b</sup>	53.86 $\pm$ 1.01 (4.96) <sup>ab</sup>	56.00 $\pm$ 0.49 (2.31) <sup>a</sup>	56.00 $\pm$ 0.53 (2.53) <sup>a</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
	2	51.83 $\pm$ 1.19 (5.65) <sup>c</sup>	54.43 $\pm$ 1.27 (6.17) <sup>c</sup>	55.86 $\pm$ 0.74 (3.49) <sup>bc</sup>	62.14 $\pm$ 1.12 (4.78) <sup>a</sup>	60.14 $\pm$ 0.14 (0.63) <sup>a</sup>	59.86 $\pm$ 0.83 (3.66) <sup>ab</sup>	$p < 0.001$	0.654	$p < 0.01$
	P	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$			
Length (cm)	1	79.83 $\pm$ 2.55 (7.82) <sup>c</sup>	85.86 $\pm$ 2.33 (7.19) <sup>bc</sup>	95.71 $\pm$ 0.75 (2.06) <sup>a</sup>	89.14 $\pm$ 1.24 (3.69) <sup>ab</sup>	89.57 $\pm$ 1.7 (5.03) <sup>ab</sup>	89.00 $\pm$ 1.35 (4.00) <sup>ab</sup>	0.144	$p < 0.001$	$p < 0.001$
	2	93.83 $\pm$ 2.8 (7.30) <sup>bc</sup>	91.29 $\pm$ 2.20 (6.38) <sup>c</sup>	102.14 $\pm$ 0.77 (1.99) <sup>ab</sup>	101.86 $\pm$ 3.09 (8.02) <sup>ab</sup>	103.86 $\pm$ 1.64 (4.18) <sup>a</sup>	99.57 $\pm$ 0.81 (2.16) <sup>abc</sup>	$p < 0.001$	0.215	$p < 0.01$
	P	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$			
Feed conversion ratio (%)	1	2.13 $\pm$ 0.15 (17.62) <sup>b</sup>	2.35 $\pm$ 0.12 (13.30) <sup>ab</sup>	2.79 $\pm$ 0.13 (12.05) <sup>a</sup>	2.35 $\pm$ 0.09 (9.88) <sup>ab</sup>	2.41 $\pm$ 0.1 (11.32) <sup>ab</sup>	2.41 $\pm$ 0.07 (7.42) <sup>ab</sup>	0.723	$p < 0.01$	$p < 0.05$
	2	3.05 $\pm$ 0.21 (16.73) <sup>b</sup>	3.19 $\pm$ 0.17 (13.85) <sup>ab</sup>	3.58 $\pm$ 0.14 (10.31) <sup>ab</sup>	3.73 $\pm$ 0.13 (9.07) <sup>a</sup>	3.51 $\pm$ 0.06 (4.20) <sup>ab</sup>	3.48 $\pm$ 0.5 (3.85) <sup>ab</sup>	$p < 0.01$	0.200	0.051
	P	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$			

<sup>1</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro. <sup>abcd</sup> for each control least square means without a common superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ) between groups.

Previous studies involving the substitution of raw cassava for corn as feed have demonstrated positive results. Romero de Armas *et al.* (2017) observed that up to 30% replacement of corn with cassava bran resulted in a weight gain of 36 kg in the fattening stage, which was 0.5 kg higher than the control group, and a 3.4% improvement in feed conversion rate. It should be noted, however, that these values are higher than those observed in the present study.

Cooked taro has been found to be capable of substituting up to 50% of corn in pig feed (Púa *et al.*, 2019), with some research indicating that the substitution can reach 25% when taro is fed raw (Púa *et al.*, 2019). Other research suggests that taro fed as silage can completely replace corn (Caicedo *et al.*, 2018) without impacting the productive parameters of the pigs (Sánchez *et al.*, 2018; Caicedo *et al.*, 2019).

Our findings indicate that the most productive yields were obtained when corn was replaced with a combination of 42% cooked cassava and taro (21% of each tuber). Thus, the incorporation of alternative feedstuffs in both the growth and fattening phases of the pigs did not result in any losses, and the T3 formulation was an excellent choice in terms of productive outcomes.

### *3.3. Ileal apparent digestion in backyard pigs fed cassava and taro to replace corn*

The chemical analysis of ileum content showed no significant differences ( $p > 0.05$ ) in the six groups of pigs, except for the percentage of ash, which was higher in the T3 group from Quinindé (3.31%) (Table 15).

**Tabla 15:** Chemical analysis of ileum content (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation)) in backyard pigs fed with cooked cassava and taro in two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

Traits	Quinindé			Río Chico			Location (L)	<i>p</i>	
	Treatments <sup>1</sup>							Treatment (T)	L $\times$ T
	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)			
Humidity (%)	88.15 $\pm$ 1.42 (3.61)	84.15 $\pm$ 1.01 (5.05)	81.92 $\pm$ 1.91 (7.87)	84.86 $\pm$ 0.96 (2.54)	82.55 $\pm$ 0.81 (2.21)	83.97 $\pm$ 0.93 (2.47)	0.419	0.093	0.260
Protein (%)	6.08 $\pm$ 1.19 (19.51)	5.72 $\pm$ 0.25 (9.72)	6.72 $\pm$ 0.40 (13.24)	5.53 $\pm$ 0.42 (16.94)	6.88 $\pm$ 0.22 (7.11)	5.51 $\pm$ 0.43 (17.41)	0.536	0.455	<i>p</i> < 0.05
Fat (%)	0.98 $\pm$ 0.11 (24.11)	0.89 $\pm$ 0.06 (14.28)	1.13 $\pm$ 0.12 (23.88)	1.08 $\pm$ 0.06 (12.21)	1.27 $\pm$ 0.40 (70.68)	1.07 $\pm$ 0.45 (93.39)	0.504	0.961	0.700
Ash (%)	1.45 $\pm$ 0.19 (29.49)	2.08 $\pm$ 0.32 (34.53)	3.31 $\pm$ 0.70 (47.38)	1.98 $\pm$ 0.27 (30.18)	2.5 $\pm$ 0.77 (33.10)	2.68 $\pm$ 0.44 (36.45)	0.746	<i>p</i> < 0.05	0.318
Crude fiber (%)	2.69 $\pm$ 1.37 (113.59)	5.02 $\pm$ 1.83 (81.52)	6.21 $\pm$ 1.80 (64.8)	4.61 $\pm$ 1.02 (49.50)	4.07 $\pm$ 1.25 (68.51)	5.84 $\pm$ 0.40 (15.25)	0.859	0.234	0.549
Calories (kcal/100g)	35.77 $\pm$ 1.17 (7.32)	37.55 $\pm$ 2.08 (12.41)	39.88 $\pm$ 3.23 (18.09)	35.94 $\pm$ 1.06 (6.60)	37.66 $\pm$ 0.52 (3.10)	35.5 $\pm$ 4.85 (30.52)	0.529	0.734	0.614
Carbohydrates (%)	0.66 $\pm$ 0.35 (120.56)	1.57 $\pm$ 0.74 (105.18)	1.19 $\pm$ 0.45 (85.06)	1.08 $\pm$ 0.27 (56.08)	0.75 $\pm$ 0.19 (56.34)	0.93 $\pm$ 0.19 (45.92)	0.524	0.775	0.333

Traits	Quinindé			Río Chico			<i>p</i>		
	Treatments <sup>1</sup>						Location (L)	Treatment (T)	L × T
	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)			
pH	6.09 ± 0.20 (7.30)	6.11 ± 0.21 (7.62)	5.92 ± 0.33 (12.64)	6.01 ± 0.26 (9.58)	6.81 ± 0.15 (4.94)	6.09 ± 0.27 (9.94)	0.192	0.143	0.279
Dry matter (%)	11.85 ± 1.42 (26.83)	15.37 ± 1.91 (27.84)	18.08 ± 2.88 (35.67)	15.14 ± 0.96 (14.22)	17.45 ± 0.81 (10.41)	16.03 ± 0.93 (12.92)	0.420	0.093	0.260

<sup>1</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.



The process of ileal apparent digestion is the difference between the ingested nitrogen and the nitrogen content of the ileum (Lachmann y Febres, 2000). Intestinal contents are composed of a mixture of dietary and endogenous proteins, which are derived from digestive secretions and desquamated plant cells (Giraldo *et al.*, 2008). The results of a trial carried out to assess ileum digestion revealed that there were no significant differences ( $p > 0.05$ ) in the percentage of protein content in the ileum between the treatments, with values ranging from 56.13% (T3) to 65.13% (T1). The pigs in the T2 and T1 groups recorded the highest percentages of protein content in the ileum, especially the Río Chico animals (Table 16). However, the pigs fed with higher amounts of cassava and taro (T3) showed higher nitrogen assimilation, with values of 56.13% and 57.20%, respectively.

**Tabla 16:** Analysis of apparent ileum digestion (mean values are of (%) protein content) in backyard pigs from Ecuador fed with alternative cooked cassava and taro diets.

Traits <sup>1</sup>	Quinindé			Río Chico			P		
	Treatments <sup>2</sup>						Location (L)	Treatment (T)	L × T
	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)			
NI-NH	9.22 ± 0.53	9.58 ± 0.25	8.58 ± 0.40	9.77 ± 0.42	9.79 ± 0.43	8.42 ± 0.22			
((NI-NH)/NI)	0.61 ± 0.04	0.64 ± 0.02	0.57 ± 0.03	0.65 ± 0.03	0.65 ± 0.03	0.56 ± 0.01	0.536	<i>p</i> < 0.05	0.666
Coefficient of digestibility	61.47 ± 3.54	63.87 ± 1.66	57.20 ± 2.65	65.13 ± 2.79	65.27 ± 2.86	56.13 ± 1.46			

<sup>1</sup> NI = nutrient ingested and NH = nutrient in ileum <sup>2</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

There is no evidence of apparent ileal digestion of either cooked cassava or taro when fed simultaneously. However, the values obtained in our trials were higher than those reported by Almaguel *et al.* (2010), who found an ileal digestion of 43.9% when pigs were fed with cassava foliage. This may be attributed to the higher fiber content of the forage. On the other hand, Parra *et al.* (2002) reported an apparent rectal digestion of 74.58% for pigs fed with cassava meal obtained from the root and foliage. Regarding taro, the level of digestibility in the rectum of taro meal and silage found by Caicedo *et al.* (2018,2019) was 91.89 and 87.81%, respectively.

#### 3.4. Economic analysis of treatments

An important consideration when selecting feed alternatives is the potential to reduce production costs. Table 17 presents the summary of the costs associated with rearing and fattening the pigs, as well as the profit obtained after their sale. The highest value for the benefit/cost ratio was found for the T3 group from Quinindé (1.77), as this group had the lowest production cost per kilogram of meat (USD 3.61). The worst economic indicators were obtained for the T2 pigs from the same location, with a benefit/cost ratio of 1.46 and a total production cost per kilogram of meat of USD 3.91. These findings suggest that the T3 group, with a cost of 3.61 USD/kg of meat, generates an average saving of 0.07 US cents for each kilogram of meat produced, thereby generating higher profits when compared to T1. These results are in agreement with the findings of (González, 2005), who states that the use of feed alternatives such as cassava can reduce production costs by up to 23.5% without compromising productivity (Romero de Armas *et al.*, 2017). For example, the use of cassava bran reduced production

costs by 5 US cents per kilogram of feed produced, which is a significant reduction in pig production. Additionally, Aragadvay-Yungán *et al.* (2016). reported greater profits when using a 30% taro diet.

Feed efficiency is a critical component of agricultural economics, as it offers the potential to increase producer income (Atsbeha *et al.*, 2020). In the context of production in the Ecuadorian tropics, a common practice is to replace corn with cassava in the diet of pigs during the fattening growth stages (Lagos Acosta, 2021; Valverde *et al.*, 2022;). Cassava can completely replace corn as a feedstock (González, 2005; Perdigón, 2014) although it is important to control the level of foliage offered and the fiber content, which can reach up to 25.97% (Figueiredo *et al.*, 2012), as this could negatively affect the animals, increasing the number of peristaltic movements and accelerating the rate at which the feed passes through the digestive system (Quiñonez *et al.*, 2007). In this study, we investigate, for the first time, the possible use of a combination of cassava and taro in animal feed. Our results demonstrate that, when both are cooked and administered on the same day (as is customary among backyard pig farmers (Valverde *et al.*, 2021), cassava and taro can effectively replace corn in diets of up to 45% without any losses (i.e., no deaths or disease). Furthermore, we observe a considerable improvement in yields, along with a decrease in costs. The utilization of local feed alternatives reduces environmental impact and supports the development of sustainable and integrated agriculture (De Quelen, *et al.*, 2021; Sporchia *et al.*, 2021)

**Tabla 17:** Cost and benefit/cost (USD) of each pig group fed with alternative feeding based on cooked cassava and taro.

Activities	Quinindé			Río Chico		
	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)
Purchase of pigs	350	350	350	420	420	420
Piggery (for rent)	100.00	100.00	100.00	26.44	26.44	26.44
Cost of feed	776.42	706.50	719.00	775.94	695.57	709.23
Vitamin AD3E	5.67	5.67	5.67	3.33	3.33	3.33
Vitamin B complex	2.20	2.20	2.20	2.33	2.33	2.33
Antidiarrheal (Diafin N Koning)	3.50	3.50	3.50	2.50	2.50	2.50
Probiovet® (animal probiotic)	1.17	1.17	1.17	3.33	3.33	3.33
Ivermic simple 50 mL antiparasitic	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Vaccione + earring	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Syringes	0.42	0.42	0.42	1.75	1.75	1.75
Transport of materials	1.00	1.00	1.00	22.33	22.33	22.33
Other expenditure	120.00	120.00	120.00	60.00	60.00	60.00
Total cost	1376.03	1303.45	1299.45	1334.00	1253.00	1267.00
Kilo of meat produced	373.10	346.85	419.09	410.45	381.82	390.91
Gross income (pig sales)	2052.05	1907.67	2305.00	2,256	2099	2150
Net income	676.02	604.23	1005.55	923	846	883
Benefit/cost ratio	1.49	1.46	1.77	1.69	1.67	1.70
Unit costs per kilo of meat	3.88	3.91	3.61	3.68	3.69	3.67

T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

#### 4. Conclusions

The combination of cooked cassava and taro, administered in equal proportions, and following the traditional practice of Ecuadorian backyard pig producers, has been shown to have a chemical composition suitable for use as

an alternative in pig feed, allowing for a reduction of almost 20% in the amount of corn in the diet.

The combined use of cooked cassava and taro in the feed formulation for backyard pigs has been demonstrated to be a valid alternative to corn. In terms of production performance during growth and fattening, the assimilation of dietary nitrogen, reduced dependence on the rearing environment, and the inclusion of 42% cassava and taro in the formulation is an effective option.

The combined use of cooked cassava and taro drawn from crop surpluses or by-products in the feeding of backyard pigs in Ecuador contributes to the circular economy by significantly reducing production costs, thereby improving the average benefit/cost balance. Additionally, it also helps to reduce environmental impacts by utilizing local inputs and reducing waste production.



## **CAPITULO III**

### **Effects of Alternative Cassava and Taro Feed on the Carcass and Meat Quality of Fattening Pigs reared under Ecuadorian Back-yard Systems**

Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. Effects of Alternative Cassava and Taro Feed on the Carcass and Meat Quality of Fattening Pigs reared under Ecuadorian Back-yard Systems. *Animals* 2023, 13, 356. <https://doi.org/10.3390/ani13030356>





**Effects of Alternative Cassava and Taro Feed on the Carcass and Meat Quality of Fattening Pigs reared under Ecuadorian Back-yard Systems. Alfredo Valverde Lucio <sup>1</sup>, Ana Gonzalez-Martínez <sup>2</sup>, Julio Gabriel Ortega <sup>1</sup> and Evangelina Rodero Serrano <sup>2,\*</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Natural Sciences and Agriculture, University of the South of Manabí (UNESUM), 130303, Manabí Ecuador;  
yhonny.valverde@unesum.edu.ec (A.V.L.), julio.gabriel@unesum.edu.ec (J.G.O).

<sup>2</sup> Department of Animal Production, Faculty of Veterinary Sciences, University of Cordoba, AGR-134, ceiA3., Córdoba 14071, Spain;  
agmartinez@uco.es (A.G.-M.), pa1rosee@uco.es (E.R.S.).

\* Correspondence: pa1rosee@uco.es

### **Simple Summary**

Pork is currently the cheapest protein source in the world. In the traditional rearing of backyard pigs in regions of Ecuador, cassava and taro crops are frequently used as replacement alternatives to corn in pig feed formulations. In this study, the quality and characteristics of the carcass and the behavior of the gastrointestinal tract (GIT) of 30 fattening pigs reared under the backyard production system were analyzed. The animals were fed with a conventional or alternative diet based on the addition of cassava and taro in doses of 32% and 42%. The results showed a higher effect of the geographical location than the feed administered to the animals. The morphological traits were those with lower changes between groups than the gastrointestinal tract measurements. The proportions of alternatives used in the formulations must be optimized, since this directly increases the amount of protein in the meat and the weight of the GIT, decreasing the degree of fattening of the carcass. In the production of backyard

pigs in Ecuador based on the use of by-products and agricultural waste, it is necessary to promote the standardization of the type of pig that is raised, taking into account geographical location and promoting the use of local genetic resources.

### **Abstract**

Ecuadorian small producers use crossbred animals with a low level of genetic improvement, which are fed with alternative feeds to decrease production costs. The objective of this study was to evaluate the effects of geographical location and three diets according to the amount of cassava and taro incorporated into the feed (T1 conventional feed; T2 and T3 with 32% and 42% of cassava and taro, respectively) in pigs reared under the backyard system. The results did not show many differences between the treatments for morphological traits; however, between geographical locations, significant differences were evidenced. The fat content from the first rib was higher in the T1 group. The intramuscular fat percentage was higher in the T1 group, contrary to the protein levels, which were higher in the T3 group in Esmeraldas and the T2 group in Ro Chico. In the gastrointestinal tract (GIT) and its attached organs, differences were found in the empty stomach weight, full and empty small intestine weight, liver weight, and total GIT weight, with the T2 and T3 groups having the largest and heaviest. Cassava and taro did not affect the morphometric behavior and quality of the carcass but increased the amount of protein in the meat and the weight of the GIT. Geographical location was also observed to have a significant effect.

**Keywords:** alternative diets; meat quality; morphometric traits; gastrointestinal tract.

## 1. Introduction

Pork is currently the cheapest protein source in the world (Ekpo *et al.*, 2022). Its production reached 122 million tons in 2021, positioning it as the second-highest and the highest production and consumption worldwide, respectively (FAO, 2023). In Ecuador, pork production in 2021 was 220,000 t, which was supported by backyard producers (ASPE, 2022). This backyard family production system traditionally uses agricultural feed alternatives generated from cultivation on their own farms, as well as cooking by-products to reduce production costs (Sagaró-Zamora *et al.*, 2022, Valverde *et al.*, 2021).

Small producers in Ecuador lack technical infrastructure as well as health plans. They use crossbred animals with a low level of genetic improvement, resulting from unplanned crossings between pure and crossbred animals, or between improved mixed breeds (Sanz *et al.*, 1994; Herrera *et al.*, 2009), according to the geographical location (Segarra *et al.*, 2018; Valverde *et al.*, 2021); this directly affects the productivity, as it is a key factor for weight gain (Mader *et al.*, 2009) and the quality of the carcass (Tous *et al.*, 2012).

The quality of meat is defined by its palatability and consumer acceptance (Abu *et al.*, 2015; Hasan *et al.*, 2020), and at the organoleptic level, it is measured by its color, smell, texture (Sánchez *et al.*, 2010), and fat content, in addition to other technical aspects such as its pH, water retention capacity, and fatty acid and cholesterol profile (Collen, 2017). It can also be defined by its health benefits (e.g., amounts of omega 3, vitamins, and amino acids (Tomažin *et al.*, 2019).

Production systems can interfere with obtaining a quality carcass (Castrillón *et al.*, 2005; Campion, 2015). In this sense, pigs raised in outdoor production systems, in which they consume pastures and complementary diets, grow

healthier, and have better productivity (Rybarczyk *et al.*, 2021), offer higher carcass yields and more tender meat, as well as a greater amount of intramuscular fat, unsaturated fatty acids, vitamin E, and antioxidants (Jonsäll *et al.*, 2001; Sundrum *et al.*, 2012).

Pig production systems involve production costs in which feed accounts for at least 70% (Agudelo y Mesa, 2022), with feed alternatives representing a sustainable and economical way of feeding (Valverde *et al.*, 2023), which, when dosed correctly, do not affect the quality of the pork (Negreyeva *et al.*, 2018).

The feed alternatives must be formulated considering the nutritional requirements of the animals to guarantee their productive performance (Agdeppa-Namoco *et al.*, 2024), without disregarding the age of the animals, as well as the intestinal needs over a period of time between three and four weeks to adapt to the new diet (Cerisuelo *et al.*, 2010).

The production of backyard pigs is represented by the social stratum (FAO, 2017) and constitutes an important source of income for the family economy, both as an accessible source of protein and as a tradable good in the market (AGROCALIDAD, 2012). Currently, pig production and its derivatives are an important source of employment (Muñiz-Ron *et al.*, 2020), which contributes to social development by guaranteeing food security (Hernández y Rodríguez, 2013) and supplying the needs of the population with quality meat (UNICEF, 2018).

The feed alternatives used in the breeding and fattening of backyard pigs in Ecuador include a diversity of feeds, among which cassava, taro, tagua, bananas, and squash stand out (Valverde *et al.*, 2021). The use of cassava (*Manihot esculenta*) and taro (*Colocacia esculenta*) as corn substitutes lowers

the production costs of backyard pigs (Valverde *et al.*, 2023). In traditional diets, maize represents between 50% and 70% of the diet content, which considerably increases the costs of production (Yapura, 2021). The use of cassava and taro as a food alternative due to their high digestibility (Suárez y Mederos, 2011; Aragadvay-Yungán, 2016; Sánchez *et al.*, 2018) provides acceptable results for production (Kaensombath *et al.*, 2012; Hasan *et al.*, 2020; Lan *et al.*, 2021; Valverde *et al.*, 2023). However, due to the content of antinutritional factors in both feed alternatives, it is necessary to subject them to prior cooking to reduce their negative effects (Quiñones *et al.*, 2007; Ricaurte, 2014; Vanhnasin y Preston, 2016; Carbajal y Otarola, 2019).

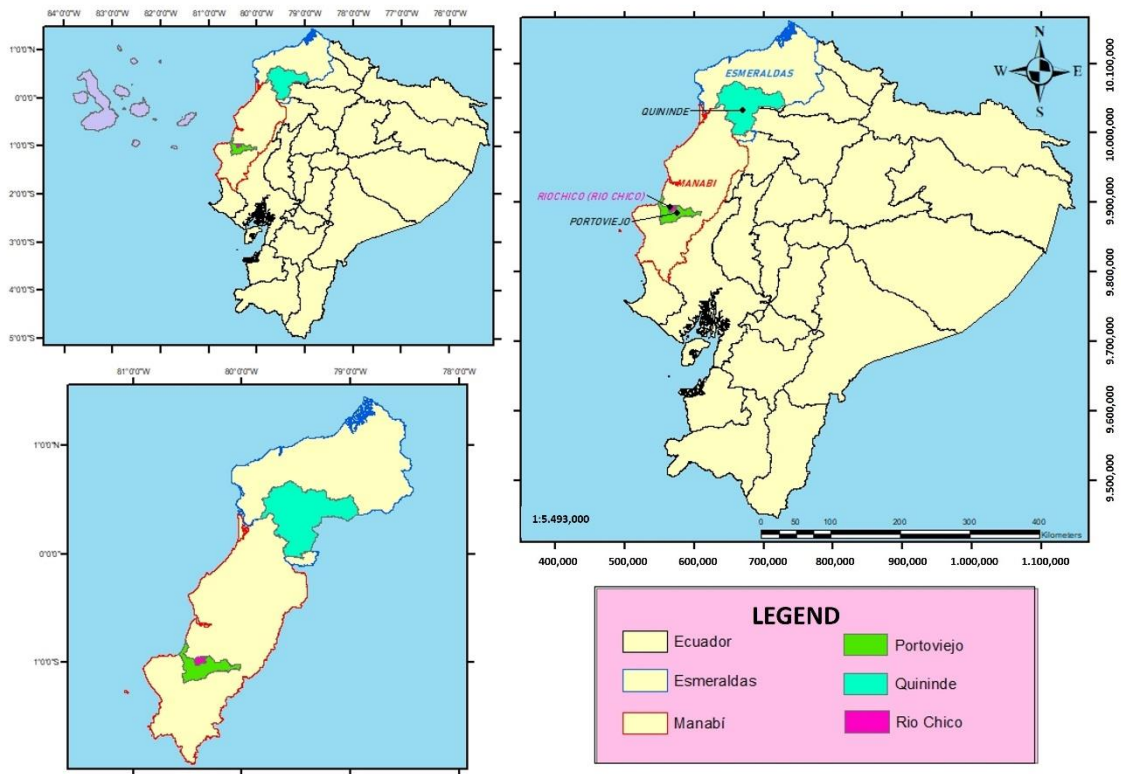
There is no scientific evidence regarding the simultaneous use of cassava and taro in the quality of the carcass of backyard pigs. Therefore, the objective of this research was to evaluate the characteristics of the carcass, the quality of the meat, and the behavior of the gastrointestinal tract of fattening pigs fed with cassava and taro and raised under backyard production systems in Ecuador. Secondly, the effect of the amount of alternative feed in the diet was evaluated, as well as the geographical location of the animals, which is directly related to their genetic origin.

## **2. Materials and Methods**

### *2.1. Selection and preparation of animals*

A total of 42 castrated crossbred pigs (20 males and 22 females) were used, which were purchased at 60 days of age from producers in the study area. The animals used were Creole pigs mixed with the Pietrain breed coming from few litters to have greater homogeneity (two per geographical location). The experiments were carried out in two geographical locations (Figure 10), with the

purpose of carrying out repetitions of the study. Fifteen pigs were raised in Quinindé, Esmeraldas province, and the remaining fifteen in Río Chico, Manabí province. Both geographical locations have a tropical climate in terms of their average annual temperatures, rainfall, and altitudes (Valverde *et al.*, 2023). The experiments were conducted during July to November 2021.



**Figura 10:** Geographic location of the sampling zones (Valverde *et al.*, 2023).

The animals from each geographical location were randomly distributed into three groups (four males and three females per group), and they were housed in traditional pig pens (Valverde *et al.*, 2023), with an area of 1.25 m<sup>2</sup> per animal. Before the experiment began, the pigs were given a ten-day period to adapt to the location, and a progressive change in their feed was carried out. It is worth noting that the volume of experimental feed was gradually increased every 5 days. The pigs were provided with water *ad libitum* through feeding bottles. Each group was given a different diet formulation (T1, T2, and T3, according to the

following section). The feed was supplied twice a day at fixed times, at 8:00 a.m. and 3:00 p.m. Prior to the start of the experiment, the pigs had a period of ten days to adapt to the new feed, with the amount increasing progressively.

## *2.2. Preparation and formulation of diets*

The feed alternative based on by-products of the cassava and taro processing industry were used. Both feed alternatives were administered to the animals after cooking to eliminate anti-nutritional components. Prior to cooking, the cassava and taro were weighed, washed, and chopped with the peel included; in addition, salt was added to increase the palatability of both feeds for the animals. After cooking, the feed was allowed to cool before mixing it with the rest of the components of the diet administered to the animals.

Three diets were formulated: one without the addition of cassava and taro (T1), and the remaining two with the addition of 32% (T2) and 42% (T3) of feed alternative in equal parts (Table 18). The protein and energy content of the diet was standardized according to the productive phase the pigs were in, which was growth or fattening. Thus, during the growth stage, the amount of protein was 18%, and in the fattening stage, it was 15%. The bromatological analysis of the feed alternatives used, as well as the formulas used for the experiment, were described in a previous study (Valverde *et al.*, 2023). The animals received this diet during the 90 days that the trial lasted. All of the animals remained healthy throughout the experiment.



**Tabla 18:** Nutritional value and composition of the used diets (Valverde et al., 2023).

Ingredients <sup>1</sup>	Phase					
	Growth			Fattening		
	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32%)	T3 (42%)
Corn (kg)	23.64	9.55	4.55	23.64	9.55	6.36
Protein concentrate (kg) <sup>2</sup>	13.18	16.36	17.27	11.36	15.00	16.36
Rice powder (kg)	8.18	4.55	4.09	10.00	5.91	3.18
Cooked cassava (kg)		7.27	9.55		7.27	9.55
Cooked taro (kg)		7.27	9.55		7.27	9.55
Red palm oil (kg)	1	1	1	1	1	1
Salt (g)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Crude protein (%)	17.35	17.35	17.35	15.30	15.29	15.29
Gross energy (kcal/kg)	3098	3079	3077	3084	3079	3094

<sup>1</sup> Quantity per kilo of feed. <sup>2</sup> Soybean meal, rice by-products, banana meal, free fatty acids, molasses, calcium carbonate, mycotoxin binders, vitamin supplements (A, D3, E, and K3), riboflavin, niacin, thiamine mononitrate, cyanocobalamin, pyridoxine hydrochloride, biotin, trace mineral supplements, manganese sulfate, zinc sulfate, copper sulfate, ferrous sulfate, sodium, calcium iodide, methionine, lysine (such as hydrochloride and sulfate), threonine, choline chloride, antifungals, enzymes, antibiotics, and antioxidants.

### 2.3. Procedure for obtaining the data

The pigs were utilized in the development of two studies; one was recently published (Valverde *et al.*, 2023). For the second piece of research, only 30 pigs were utilized, first choosing all the males in each lot and then females until there were 5 animals per group.

The animals, at 160 days and  $77.84 \pm 1.71$  kg, were slaughtered after a ten-hour fasting period, in accordance with Ecuadorian regulations (AGROCALIDAD, 2013). Each carcass was weighed and measured while hot, and morphometric measurements of the foreleg, leg, ham, and shank were conducted. The rest of the measurements were obtained 24 h after slaughter [42]. The quartering of the carcass was carried out according to the indications of Nieto *et al.* [43]. The head was removed by cutting at the occipito-atlas joint, and the feet by cutting at the carpus-metacarpal and tar-sus-metatarsal joints. The carcass was split longitudinally and, finally, to prevent de-hydration, kept at  $-20$  °C in plastic bags. After 24 h since the slaughter had passed, the loin was separated by a cut that began just ventral to the ventral side of the scapula at the cranial end and followed the natural curvature of the vertebral column to the ventral edge of the psoas major at the caudal end of the loin. The ham was removed with a straight cut between the second and third sacral vertebrae, and then the foreleg was separated from the trunk. After the rib was separated from the vertebrae, measurements of the fat were taken at the first and last rib levels as well as haunch point. Once all of the parts (head, loin, ham, foreleg, ribs, and legs) had been separated, they were weighed and measured.

The following measurements were collected: (i) the weights of the head, loin, ribs, ham, foreleg, and legs; (ii) the length of the carcass, bone, and muscle of the foreleg

and ham; (iii) the perimeters of the front shank and ham; (iv) the thickness of backfat (DBT) at the first and last rib levels and gluteus point; and (v) the loin and haunch fat. The measurement instruments used were a high-precision digital scale from Montero, model TCS300JC61Z©, with a range of 300 kg to 2000 g ( $d = 100$  g); a RexBeti Stainless Hardened © digital vernier caliper (measuring range: 5906 in. Precision: 0.1 inch); and a Jontex © brand digital scale with a maximum capacity of 40 kg and a minimum of 200 g ( $e = d = 5$  g).

The digestive viscera of the gastrointestinal tract (GIT), stomach, liver, pancreas, small intestine, colon, cecum, and rectum were separated from the carcass to be individually measured and weighed, first full and then empty. The total weight of the viscera was calculated using the sum of the individual weights of each one of the parts, obtaining a weight for the total of the full GIT and another for the empty GIT (Reis de Souza *et al.*, 2012).

The collection of weights and measures was carried out by the same technician for the two locations, in order to reduce potential errors in obtaining the data (Mader *et al.*, 2012).

For the meat quality analysis, a sample of 200 g of the longissimus lumbar muscle was taken at the level of the last rib 45 minutes after slaughter and was frozen at a temperature between  $-18$  and  $-20$  °C (Galián Jiménez, 2007). The bromatological analyses to determine the content of protein, fat, dry matter, moisture, ash, and pH were carried out in the Multianalityca S.A. laboratory (Quito - Ecuador) (certified SAE LEN 09-008). The reference methods of analysis were the following: moisture, Association of Official Agricultural Chemists, AOAC 925.10; crude protein, AOAC 2001.11; fat, AOAC 2003.06; ash, AOAC 923.03; and pH, Ecuadorian Technical

Standard (NTE) INEN ISO 4316:2014m. Finally, the dry matter was estimated through the following calculation based on methods established by Maclean *et al.* (2022): dry matter = (initial weight – dry weight)/initial weight.

#### *2.4. Statistical analysis*

IBM SPSS Statistics (version 26) software was used to perform the statistical analyses. All of the records were considered to be quantitative variables. After checking the normality and homogeneity of the variables, a mixed ANOVA with repeated measurements analysis was conducted. The statistical model included the fixed effects of treatment (T) and location (L) and their interaction (T × L). The repeated effect was location, and the subject of the repeated measurements was the animal nested within a group. When the fixed effects were significant, differences between the least squares means were assessed by paired t-test at 5%. Moreover, Pearson correlations between carcass measurements were investigated in order to assess the relationship between the morphometric and compositional variables of the carcass and the GIT.

### **3. Results**

#### *3.1. Pig carcass morphology*

Both of the effects considered (geographical location and feeding treatment) showed different results in terms of the morphological carcass characteristics (Table 19). The geographical location significantly affected ( $p < 0.05$ ) most of the carcass characteristics of the backyard pigs in Ecuador, with the exceptions of the carcass yield, hot carcass weight, ham weight, rib weight, and leg weight. Meanwhile, the treatment only led to significant differences ( $p < 0.05$ ) in ham perimeter, which showed

the highest values in those pigs fed with conventional feed. However, the animals from Quinindé fed with 42% cassava and taro (T3\_42%), as well as the animals from Río Chico that did not receive a feed alternative (T1\_control), showed higher values for most of the parameters considered. The ham weight was significantly higher in pigs fattened in Quinindé with 42% of feed alternative. In general, the coefficients of variation were the lowest in Río Chico, and they showed different values between treatments.

**Tabla 19:** Morphological characteristics of carcasses (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation)) of backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

Traits <sup>1</sup>	Quinindé			Rio chico			<i>p</i>		
	Treatments <sup>2</sup>						Location (L)	Treatment (T)	L $\times$ T
	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)			
LV (kg)	66.98 $\pm$ 5.36 (17.87) <sup>c</sup>	73.37 $\pm$ 4.32 (13.16) <sup>bc</sup>	77.83 $\pm$ 3.29 (9.45) <sup>abc</sup>	87.91 $\pm$ 1.12 (2.85) <sup>a</sup>	79.58 $\pm$ 1.62 (4.57) <sup>abc</sup>	81.35 $\pm$ 1.27 (3.49) <sup>ab</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.200	0.051
HCW (kg)	47.50 $\pm$ 4.75 (21.44)	51.55 $\pm$ 2.95 (12.78)	55.87 $\pm$ 3.73 (14.93)	60.21 $\pm$ 0.61 (2.27)	55.12 $\pm$ 2.44 (9.91)	53.66 $\pm$ 1.75 (7.28)	0.087	0.902	0.086
CY (%)	0.71 $\pm$ 0.2 (6.38)	0.7 $\pm$ 0.01 (2.58)	0.72 $\pm$ 0.03 (8.36)	0.69 $\pm$ 0.01 (1.96)	0.69 $\pm$ 0.03 (9.55)	0.66 $\pm$ 0.02 (6.06)	0.083	0.867	0.506
CL (cm)	62.00 $\pm$ 0.77 (2.79) <sup>b</sup>	63.00 $\pm$ 1.14 (4.05) <sup>b</sup>	63.00 $\pm$ 1.14 (4.05) <sup>b</sup>	75.72 $\pm$ 2.40 (7.15) <sup>a</sup>	74.72 $\pm$ 1.31 (3.89) <sup>a</sup>	73.72 $\pm$ 2.10 (6.37) <sup>a</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.943	0.670
HDL (cm)	29.00 $\pm$ 1.32 (9.90) <sup>a</sup>	29.80 $\pm$ 0.20 (4.05) <sup>a</sup>	31.20 $\pm$ 0.58 (4.18) <sup>a</sup>	28.97 $\pm$ 0.47 (3.66) <sup>abc</sup>	27.07 $\pm$ 0.37 (3.15) <sup>bc</sup>	27.72 $\pm$ 0.44 (3.45) <sup>c</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.276	<i>p</i> < 0.01
LL (cm)	61.20 $\pm$ 1.71 (6.26) <sup>ab</sup>	63.80 $\pm$ 1.32 (4.62) <sup>a</sup>	63.00 $\pm$ 1.22 (4.35) <sup>ab</sup>	57.6 $\pm$ 0.42 (1.64) <sup>bc</sup>	54.96 $\pm$ 1.66 (6.76) <sup>c</sup>	54.04 $\pm$ 0.99 (4.11) <sup>c</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.744	0.082
HL (cm)	43.60 $\pm$ 1.69 (8.67) <sup>a</sup>	45.40 $\pm$ 0.81 (4.00) <sup>a</sup>	43.40 $\pm$ 1.72 (8.86) <sup>a</sup>	35.11 $\pm$ 0.54 (3.45) <sup>b</sup>	33.58 $\pm$ 1.36 (9.05) <sup>b</sup>	33.64 $\pm$ 0.99 (6.61) <sup>b</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.712	0.427
HP (cm)	75.40 $\pm$ 1.91 (5.67) <sup>a</sup>	69.60 $\pm$ 1.81 (5.80)	74.20 $\pm$ 1.69 (5.08) <sup>ab</sup>	74.13 $\pm$ 1.26 (3.79) <sup>ab</sup>	68.18 $\pm$ 2.42 (7.93) <sup>ab</sup>	67.08 $\pm$ 1.67 (5.57) <sup>b</sup>	<i>p</i> < 0.05	<i>p</i> < 0.05	0.209
FSP (cm)	14.60 $\pm$ 0.40 (6.13) <sup>b</sup>	14.40 $\pm$ 0.51 (9.92) <sup>b</sup>	14.80 $\pm$ 0.20 (3.02) <sup>b</sup>	15.82 $\pm$ 0.27 (3.78) <sup>a</sup>	15.28 $\pm$ 0.58 (8.48) <sup>a</sup>	14.84 $\pm$ 0.30 (4.54) <sup>b</sup>	<i>p</i> < 0.05	0.554	0.332
LW (kg)	5.46 $\pm$ 0.30 (12.48) <sup>bc</sup>	5.26 $\pm$ 0.44 (18.86) <sup>c</sup>	5.96 $\pm$ 0.40 (14.98) <sup>abc</sup>	6.74 $\pm$ 0.06 (2.00) <sup>a</sup>	6.65 $\pm$ 0.17 (5.61) <sup>ab</sup>	6.68 $\pm$ 0.12 (4.11) <sup>ab</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.467	0.478
HW (kg)	13.89 $\pm$ 0.38 (6.15)	15.96 $\pm$ 1.5 (21.00)	17.34 $\pm$ 1.13 (14.59)	17.3 $\pm$ 0.31 (4.02)	15.54 $\pm$ 1.15 (16.53)	15.22 $\pm$ 0.70 (4.11)	0.712	0.760	<i>p</i> < 0.05
FW (kg)	10.66 $\pm$ 0.46 (9.64) <sup>ab</sup>	8.80 $\pm$ 0.68 (17.38) <sup>b</sup>	10.72 $\pm$ 0.61 (12.66) <sup>ab</sup>	12.09 $\pm$ 0.28 (5.22) <sup>a</sup>	11.25 $\pm$ 0.49 (9.80) <sup>a</sup>	10.98 $\pm$ 0.57 (11.56) <sup>ab</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.054	0.141

RW (kg)	5.65 ± 0.35 (14.04)	4.86 ± 0.38 (17.46)	5.7 ± 0.6 (23.38)	5.66 ± 0.05 (1.91)	5.3 ± 0.22 (9.44)	5.18 ± 0.20 (8.82)	0.933	0.265	0.387
HDW (kg)	4.63 ± 0.10 (5.84) <sup>b</sup>	4.64 ± 0.12 (5.87) <sup>b</sup>	4.68 ± 0.29 (13.80) <sup>b</sup>	6.18 ± 0.28 (10.08) <sup>a</sup>	5.26 ± 0.50 (21.08) <sup>ab</sup>	5.02 ± 0.43 (19.24) <sup>ab</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.201	0.162
FTW (kg)	1.11 ± 0.03 (5.84)	1.09 ± 0.06 (11.87)	1.11 ± 0.04 (8.06)	1.26 ± 0.07 (13.31)	1.16 ± 0.11 (21.49)	1.09 ± 0.06 (11.33)	0.262	0.425	0.472

<sup>1</sup> LV: live weight; HCW: hot carcass weight; CY: carcass yield; CL: carcass length; HDL: hand length; LL: leg length; HL: ham length; HP: ham perimeter; FSP: front shank perimeter; LW: loin weight; HW: ham weight; FW: foreleg weight; RW: rib weight; HDW: head weight; FTW: feet weight.

<sup>2</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro. In addition, <sup>a,b,c</sup> for each control, least square means without a common superscript differ significantly (*p* < 0.05) between groups.

### 3.2. *Fat tickness and content of pig carcass*

The backfat thickness at the first rib level was significantly ( $p < 0.05$ ) higher in the animals that did not receive a feed alternative (Río Chico = 2.30 cm; Quinindé = 2.07 cm) (Table 20). Meanwhile, the backfat thickness at the last rib level and haunch fat were significantly ( $p < 0.05$ ) higher in the animals from Quinindé (T1 = 2.34 cm and 1.51 cm; T2 = 1.70 cm and 1.45 cm; T3 = 1.82 cm and 1.41 cm, respectively).



**Tabla 20:** Fat contents of the carcass (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation)) of backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with de cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

Traits <sup>1</sup>	Quinindé			Río chico			<i>P</i>		
	Treatments <sup>2</sup>						Location (L)	Treatment (T)	L $\times$ T
	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)			
DBT1 (cm)	2.07 $\pm$ 0.24 (26.02)	1.23 $\pm$ 0.08 (15.21)	1.86 $\pm$ 0.23 (27.99)	2.30 $\pm$ 0.36 (34.71)	1.71 $\pm$ 0.23 (30.39)	1.81 $\pm$ 0.24 (29.89)	0.276	<i>p</i> < 0.05	0.569
DBT2 (cm)	2.34 $\pm$ 0.25 (23.46) <sup>a</sup>	1.70 $\pm$ 0.81 (40.57) <sup>ab</sup>	1.82 $\pm$ 0.23 (27.89) <sup>a</sup>	0.91 $\pm$ 0.03 (6.32) <sup>bc</sup>	0.88 $\pm$ 0.10 (24.66) <sup>bc</sup>	0.86 $\pm$ 0.08 (20.66) <sup>c</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.199	0.267
DBT3 (cm)	1.52 $\pm$ 0.21 (31.13)	1.35 $\pm$ 0.29 (48.08)	1.54 $\pm$ 0.07 (9.66)	1.28 $\pm$ 0.14 (23.55)	1.16 $\pm$ 0.14 (27.47)	1.37 $\pm$ 0.13 (20.46)	0.176	0.494	0.980
LF (cm)	1.56 $\pm$ 0.26 (37.01)	1.26 $\pm$ 0.13 (22.51)	1.32 $\pm$ 0.06 (9.68)	0.94 $\pm$ 0.23 (55)	1.11 $\pm$ 0.3 (60.1)	1.09 $\pm$ 0.14 (29.42)	0.057	0.953	0.486
HF (cm)	1.51 $\pm$ 0.26 (38.45) <sup>a</sup>	1.45 $\pm$ 0.26 (40.03) <sup>a</sup>	1.41 $\pm$ 0.07 (10.43) <sup>ab</sup>	1.3 $\pm$ 0.25 (25.49) <sup>ab</sup>	0.73 $\pm$ 0.09 (25.9) <sup>b</sup>	0.92 $\pm$ 0.22 (53.87) <sup>b</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.245	0.421

<sup>1</sup> DBT1: backfat thickness at first rib level; DBT2: backfat thickness at last rib level; DBT3: buttock fat; LF: loin fat; HF: haunch fat. <sup>2</sup> T1: conventional feed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

<sup>2</sup> T1: conventional feed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

In addition, a,b,c for each control, least square means without a common superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ) between groups.

### 3.3. *Pork quality analysis*

The bromatological characters showed significant differences ( $p < 0.05$ ) for the geographical location effect, except for the percentage of intramuscular fat (Table 21). The moisture content, protein, and ash were higher in animals raised in Río Chico, while the pH and percentage of dry matter were higher in pigs raised in Quinindé. On the contrary, the diet that the animals received only significantly affected ( $p < 0.05$ ) the pH of the meat, this being higher in pigs fed with 42% of alternative feeds (Quinindé = 5.80; Río Chico = 5.57).

**Tabla 21:** Bromatological analysis of meat (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation)) from backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with de cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

Traits <sup>1</sup>	Quinindé			Rio chico			Localization (L)	<i>p</i> Treatments (T)	L $\times$ T
	Treatments <sup>2</sup>								
	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)			
H %	64.46 $\pm$ 2.74 (9.51) <sup>bc</sup>	62.56 $\pm$ 2.94 (10.51) <sup>c</sup>	69.34 $\pm$ 2.35 (7.57) <sup>abc</sup>	73.8 $\pm$ 0.45 (1.36) <sup>a</sup>	72.96 $\pm$ 0.38 (1.18) <sup>ab</sup>	76.41 $\pm$ 1.86 (5.44) <sup>a</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.054	0.714
CP %	17.37 $\pm$ 0.81 (10.40) <sup>c</sup>	18.11 $\pm$ 0.66 (8.11) <sup>c</sup>	18.93 $\pm$ 0.22 (2.54) <sup>bc</sup>	21.51 $\pm$ 0.63 (6.54) <sup>ab</sup>	23.33 $\pm$ 0.77 (7.43) <sup>a</sup>	19.23 $\pm$ 1.16 (13.45) <sup>bc</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.0974	<i>p</i> < 0.01
IMF %	2.98 $\pm$ 0.60 (45.26)	2.71 $\pm$ 0.21 (17.7)	1.75 $\pm$ 0.11 (14.69)	3.13 $\pm$ 0.50 (35.75)	2.21 $\pm$ 0.66 (66.83)	2.88 $\pm$ 1.26 (97.73)	0.6306	0.5126	0.4845
Ash %	0.86 $\pm$ 0.05 (12.12) <sup>b</sup>	0.82 $\pm$ 0.04 (10.77) <sup>b</sup>	0.88 $\pm$ 0.04 (10.88) <sup>b</sup>	1.42 $\pm$ 0.07 (10.48) <sup>a</sup>	1.50 $\pm$ 0.04 (5.76) <sup>a</sup>	1.48 $\pm$ 0.07 (10.38) <sup>a</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.7562	0.531
pH	5.76 $\pm$ 0.05 (1.93) <sup>ab</sup>	5.61 $\pm$ 0.02 (0.98) <sup>ab</sup>	5.80 $\pm$ 0.08 (2.92) <sup>a</sup>	5.54 $\pm$ 0.04 (1.78) <sup>bc</sup>	5.34 $\pm$ 0.04 (1.78) <sup>c</sup>	5.57 $\pm$ 0.08 (3.06) <sup>abc</sup>	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01	0.924
DM %	34.8 $\pm$ 2.80 (18.00) <sup>ab</sup>	37.44 $\pm$ 2.94 (17.57) <sup>a</sup>	30.66 $\pm$ 2.35 (17.12) <sup>abc</sup>	26.2 $\pm$ 0.45 (3.83) <sup>bc</sup>	27.04 $\pm$ 0.38 (3.17) <sup>bc</sup>	23.59 $\pm$ 1.86 (17.62) <sup>c</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.0612	0.7268

<sup>1</sup> H: moisture; CP: protein; IMF: intramuscular fat; DM: dry matter.

<sup>2</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro.

In addition, a,b,c for each control, least square means without a common superscript differ significantly (*p* < 0.05) between groups.

### *3.4. Morphometry characteristics of the gastrointestinal tract and visceral organs*

The pigs reared in Río Chico presented significantly ( $p < 0.05$ ) higher values in almost all of the gastrointestinal tract (GIT) variables, with the exception of the full and empty small intestine weight and the total GIT weight (Table 22). Regarding the diet administered to the animals, it significantly affected ( $p < 0.05$ ) the liver weight, empty stomach weight, full and empty cecum weight, and full GIT total weight, with higher values in pigs fed with 42% cassava and taro.

**Tabla 22:** Behavior of the digestive tract (mean  $\pm$  standard error (coefficient of variation) of backyard pigs fed with different formulations of nutritional alternatives with de cassava and taro from two locations in Ecuador (Quinindé and Río Chico).

Traits <sup>1</sup>	Esmeralda			Rio chico			Location (L)	p Treatment (T)	L $\times$ T
	Treatments <sup>2</sup>								
	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)			
SW (kg)	0.12 $\pm$ 0.01 (21.22) <sup>b</sup>	0.14 $\pm$ 0.02 (32.97) <sup>ab</sup>	0.15 $\pm$ 0.02 (26.07) <sup>ab</sup>	0.22 $\pm$ 0.05 (46.47) <sup>ab</sup>	0.28 $\pm$ 0.06 (49.08) <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.02 (18.95) <sup>ab</sup>	$p < 0.01$	0.523	0.608
LW (kg)	1.17 $\pm$ 0.03 (5.46) <sup>b</sup>	1.29 $\pm$ 0.04 (6.3) <sup>b</sup>	1.24 $\pm$ 0.04 (6.42) <sup>b</sup>	1.41 $\pm$ 0.09 (14.46) <sup>b</sup>	1.41 $\pm$ 0.10 (16.51) <sup>b</sup>	1.76 $\pm$ 0.04 (4.6) <sup>a</sup>	$p < 0.01$	$p < 0.05$	$p < 0.05$
PW (kg)	0.13 $\pm$ 0.6 (13.55) <sup>b</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 (24.59) <sup>b</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 (14.65) <sup>b</sup>	0.13 $\pm$ 0.003 (6.54) <sup>b</sup>	0.16 $\pm$ 0.01 (16.38) <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.01 (12.17) <sup>a</sup>	$p < 0.01$	0.420	0.089
FEWL (kg)	1.32 $\pm$ 0.34 (56.88) <sup>b</sup>	2.08 $\pm$ 0.37 (39.99) <sup>a</sup>	1.73 $\pm$ 0.22 (27.93) <sup>ab</sup>	1.73 $\pm$ 0.03 (3.26) <sup>ab</sup>	1.37 $\pm$ 0.16 (25.48) <sup>b</sup>	1.65 $\pm$ 0.06 (8.51) <sup>ab</sup>	$p < 0.05$	0.742	0.168
ESW (kg)	0.48 $\pm$ 0.01 (5.89) <sup>b</sup>	0.53 $\pm$ 0.03 (13.35) <sup>b</sup>	0.51 $\pm$ 0.03 (12.23) <sup>b</sup>	0.79 $\pm$ 0.03 (8.61) <sup>a</sup>	0.44 $\pm$ 0.07 (35.06) <sup>b</sup>	0.85 $\pm$ 0.03 (6.72) <sup>a</sup>	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$
FSIW (kg)	2.17 $\pm$ 0.36 (37.26)	2.79 $\pm$ 0.43 (34.19)	2.70 $\pm$ 0.28 (23.2)	2.01 $\pm$ 0.1 (11)	2.58 $\pm$ 0.09 (7.83)	2.98 $\pm$ 0.21 (15.77)	0.793	$p < 0.05$	0.423
ESIW (kg)	1.27 $\pm$ 0.06 (11.38)	1.37 $\pm$ 0.04 (6.64)	1.40 $\pm$ 0.07 (11.94)	1.23 $\pm$ 0.04 (7.82)	1.50 $\pm$ 0.12 (18.11)	1.56 $\pm$ 0.07 (9.82)	0.257	$p < 0.05$	0.433
FCW (kg)	0.46 $\pm$ 0.07 (35.18) <sup>c</sup>	0.60 $\pm$ 0.08 (30.97) <sup>bc</sup>	0.76 $\pm$ 0.04 (10.97) <sup>ab</sup>	0.82 $\pm$ 0.05 (12.86) <sup>a</sup>	0.62 $\pm$ 0.04 (15.34) <sup>ab</sup>	0.68 $\pm$ 0.03 (8.37) <sup>ab</sup>	$p < 0.05$	0.066	$p < 0.05$
ECW (kg)	0.12 $\pm$ 0.01 (15.66) <sup>c</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 (13.28) <sup>bc</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 (12.09) <sup>ab</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 (10.54) <sup>ab</sup>	0.17 $\pm$ 0.01 (13.15) <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.1 (10.10) <sup>ab</sup>	$p < 0.01$	0.11	$p < 0.01$

Traits <sup>1</sup>	Esmeralda			Rio chico			Location (L)	Treatment (T)	L × T
	Treatments <sup>2</sup>								
	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)	T1 (Control)	T2 (32 %)	T3 (42%)			
FPRW (kg)	0.23 ± 0.02 (22.48) <sup>c</sup>	0.25 ± 0.01 (10.2) <sup>c</sup>	0.25 ± 0.01 (5.98) <sup>bc</sup>	0.39 ± 0.02 (12.30) <sup>a</sup>	0.34 ± 0.03 (17.52) <sup>ab</sup>	0.38 ± 0.03 (15.58) <sup>a</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.719	0.228
EPRW (kg)	0.19 ± 0.01 (15.8) <sup>b</sup>	0.22 ± 0.01 (6.48) <sup>b</sup>	0.21 ± 0.01 (12.66) <sup>b</sup>	0.32 ± 0.02 (16.98) <sup>a</sup>	0.25 ± 0.02 (21.43) <sup>ab</sup>	0.25 ± 0.02 (13.81) <sup>ab</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.318	<i>p</i> < 0.05
FCWL (kg)	2.28 ± 0.27 (26.84) <sup>b</sup>	2.62 ± 0.07 (6.07) <sup>ab</sup>	2.00 ± 0.10 (10.68) <sup>b</sup>	3.09 ± 0.12 (8.96) <sup>a</sup>	3.12 ± 0.2 (14.47) <sup>a</sup>	3.30 ± 0.16 (10.77) <sup>a</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.3482	0.077
ECW (kg)	0.87 ± 0.03 (8.35) <sup>c</sup>	0.94 ± 0.04 (10.25) <sup>bc</sup>	0.91 ± 0.02 (4.76) <sup>bc</sup>	1.19 ± 0.12 (23.13) <sup>abc</sup>	1.38 ± 0.18 (29.46) <sup>a</sup>	1.34 ± 0.09 (15.53) <sup>ab</sup>	<i>p</i> < 0.01	0.494	0.504
TWTF (kg)	6.43 ± 0.85 (29.67) <sup>c</sup>	8.37 ± 0.61 (16.3) <sup>bc</sup>	7.51 ± 0.50 (14.92) <sup>c</sup>	9.93 ± 0.08 (1.83) <sup>b</sup>	10.57 ± 0.15 (3.1) <sup>ab</sup>	12.20 ± 0.47 (8.67) <sup>a</sup>	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01	0.074
TWTE (kg)	2.93 ± 0.10 (7.38) <sup>c</sup>	3.19 ± 0.06 (4.28) <sup>bc</sup>	3.16 ± 0.10 (7.34) <sup>bc</sup>	3.67 ± 0.16 (9.66) <sup>ab</sup>	3.74 ± 0.21 (12.73) <sup>ab</sup>	4.13 ± 0.12 (6.69) <sup>a</sup>	0.068	<i>p</i> < 0.01	0.095

<sup>1</sup> SW: spleen weight; LW: liver weight; PW: pancreas weight; FEWL: full stomach weight; ESW: empty stomach weight; FSIW: full small intestine weight; ESIW: empty small intestine weight; FCEW: full cecum weight; ECEW: empty cecum weight; FPRW: full pig rectum weight; EPRW: empty pig rectum weight; FCOWL: full colon weight; ECOW: empty colon weight; TWTF: full total gastrointestinal tract weight; TWTE: empty total gastrointestinal tract weight

<sup>2</sup> T1: conventional fed with no corn replacement; T2: corn replacement with 32% of cassava + taro; and T3: corn replacement with 42% of cassava + taro. In addition, <sup>a,b,c</sup> for each control, least square means without a common superscript differ significantly (*p* < 0.05) between groups.

### *3.5. Relationship between carcass measurements and morphometry of pigs' gastrointestinal tract*

Table 6 shows the correlations between the morphometric variables of the GIT and those of the carcass. The significant ( $p < 0.05$ ) correlations found between the total GIT weight and the different parts of GIT weight were expected. The results reveal the negative and significant relationship ( $p < 0.01$ ) between the amount of fat in the different parts and the development of the GIT, especially in the small intestine and colon.

**Tabla 23:** Pearson correlation coefficients between carcass characters and those of the gastrointestinal tract.

Traits <sup>1</sup>	HW (kg)	RW (kg)	DBT1 (cm)	LF (cm)	HF (cm)	P (%)	IMF (%)	LW (kg)	ESIW (kg)	ECW (kg)	ECW (kg)	TWTE (kg)
HCW (kg)	0.77**	0.85**	0.350	-0.01	0.062	0.199	-0.02	0.193	0.028	0.127	-0.01	0.157
HW /kg)		0.48 *	0.157	0.017	0.191	0.237	0.00 1	0.190	0.028	0.089	-0.05	0.145
RW (kg)			0.291	0.115	0.042	-0.01	-0.04	0.019	-0.09	0.014	-0.17	-0.02
DBT1(cm )				-0.17	-0.06	-0.07	0.18 7	0.305	-0.01	0.178	-0.03	0.186
LF (cm)					-0.41 *	-0.13	-0.16	-0.30	-0.09	-0.24	-0.42 *	-0.27
HF (cm						-0.38 *	-0.19	-0.40 *	-0.5**	-0.13	-0.39 *	-0.42 *
P (%)							-0.02	0.359	0.58**	0.146	0.43 *	0.50 **
IMF (%)								0.135	0.010	-0.09	-0.01	0.04
LW (kg)									0.74 **	0.78 **	0.4; 8 **	0.92 **
ESIW (kg)										0.56 **	0.65 **	0.89 **
ECW (kg)											0.41 *	0.76 **
ECW (kg)												0.68 **

<sup>1</sup> HCW: hot carcass weight; HW: ham weight; RW: rib weight; DBT1: backfat thickness at first rib level; LF: loin fat; HF: haunch fat; P: protein; IMF: intramuscular fat; LW: live weight; ESIW: empty small intestine weight; ECEW: empty cecum weight; ECOW: empty colon weight; TWTE: empty total gastrointestinal tract weight

\* p < 0.05; \*\* p < 0.01



#### 4. Discussion

The present study investigated the effects of the simultaneous addition of cassava and taro to the feed of pigs and their effects on the carcass characteristics of back-yard-raised pigs. They are reared under extensive traditional production systems in developed countries characterized by a low number of animals, which are generally fed with feed derived from the farmer's own crops and kitchen waste; Creole or cross-bred pigs are often used, and technological advances have been poor (Valverde *et al.*, 2021). This study follows a previous study examining the effects of these same alternatives on growth and fattening parameters, in which it was possible to verify that the simultaneous use of both feed alternatives yields good productive results, in addition to lowering production costs by considerably reducing the amount of maize in the diet (Valverde *et al.*, 2023).

Differences in the carcass characteristics based on geographic location, as described by Schinckel and De Lange (1996), were attributed to both changes in genetic selection and the environment in which the animals are reared. The tests carried out used crossbred pigs purchased from local producers, with only a small selection of animals highly specialized in meat production. Cross-breeding in the Ecuadorian backyard pig is very frequent, expressing very diverse phenotypes that vary from one producer to another (Conde-Aguilera *et al.*, 2011; Valverde *et al.*, 2021). Despite the fact that the choice of animals was random when forming the groups, and that the environmental and breeding conditions were similar, there are many differences between the locations, which suggests a genetic heterogeneity in the subjects that make up the sample; this corresponds to the reality of backyard pig farming systems in Ecuador, and the results of the

treatments must be interpreted within the context of each of the two experimental locations. These differences were primarily found in weight and performance carcass parameters, fat thickness, and the development of the gastrointestinal tract. The differences in the coefficients of variation of the carcass yield between treatments could reflect variation in the live and carcass weights of each group, as well as the higher development of the gastrointestinal tracts in animals fed with the feed alternative.

Environmental temperature is an aspect to consider in pig farming because animals can suffer from thermal stress when raised in environments with temperatures above 25 °C (Pardo Domínguez, 2022). A high temperature reduces feed consumption, affecting energy metabolism, increasing the accumulation of subcutaneous fat, which affects the quality of the meat (Romo-Valdez *et al.*, 2022). This could be one of the reasons why the pigs fattened in Quinindé have high fat thickness, in contrast to the pigs from Río Chico that had heavier carcasses and meat pieces with higher yields, as well as greater development of the gastrointestinal tract. Despite the environmental similarities of the two geographical areas, in view of the commercialization of pork produced under backyard farming systems in Ecuador, it should be taken into account that the heterogeneity of crossbred pigs also gives rise to characteristic differences in their carcasses.

The genetic origin of the animals is another aspect to take into account, since backyard pig producers use crossbred pigs, which come from crossing Creole pigs and foreign breed pigs (Valverde *et al.*, 2021). They come from crossing Creole pigs and foreign breed pigs, obtaining an increase in genetic variability, benefiting the pigs' hardiness, immunological efficiency, and productive behavior

(Linares *et al.*, 2011). In previous research, we studied backyard pigs in Ecuador and found that the breed most commonly used in this system was Creole, following by a crossbreed and Pietrain breed, although some farms reared a white pig breed such as Landrace (Valverde *et al.*, 2021). However, other studies reveal that among the imported breeds preferentially used in this production system is the Duroc Jersey, since it is a dual-purpose breed, useful for meat and fat (Castillo, 1984), followed by the Pietrain breed, whose characteristic is producing lean meat and little fat (Chávez Narváez, 2022). The results suggest the need to promote the breeding of standardized genetic models, for which native Creole-based local resources may be a good option; however, studies are needed to characterize the variability of these genetic resources (Castrillón *et al.*, 2005; Mader *et al.*, 2016).

The addition of 10% cassava leaf in the diet during the fattening phase of pigs has been found to improve the carcass characteristics in relation to conventional feed (Ekpo *et al.*, 2022). However, our results have revealed that backyard pigs from Ecuador fed with cassava and taro did not show differences in the morphological characteristics of the carcass. In addition, we did not find that different percentages of the alternative feed affected the size of the carcass cuts or the quality of the meat; thus, we consider that the most optimal formulation is T2, which includes 32% of the alternative feed. This formulation was also previously shown to be the most economically favorable in terms of productivity, without causing negative effects on the health of fattening pigs (Valverde *et al.*, 2023).

Gonzalez *et al.* (1997) observed that cassava flour significantly improved body weight and had an impact on meat quality, with lower fat content being observed

following treatments with cassava. However, comparing the results obtained when cassava was administered to the pigs in foliage and flour form at the same time shows that the results were similar to those obtained in our research, with higher carcass weights and yields, as well as the highest backfat thickness (Aguilar Martínez, 2017). The addition of cassava with rice in the pig feed, replacing corn, produced the lowest carcass yields and lengths, as well as the lowest backfat thickness, although the differences between groups were not significant (Manjarrez *et al.*, 1974). In the same way, the use of 40% fermented cassava in pig feed affected the fat content, moisture content, and ash in the carcass, as well as the protein content of the meat (Aro y Akinjokun, 2012). The last was also found in our results, as the meat derived from pigs fed with cassava and taro showed a higher protein content and a lower degree of fatness. Coinciding with our results, the addition of cassava or taro causes the animal to accumulate less fat, which is evidenced by a decrease in the thickness of the subcutaneous and intramuscular fat in pigs (Kaensombath *et al.*, 2012; Ekpo *et al.*, 2022).

Hasan *et al.* (2020) used cassava by-products (foliage, pulp and peel) in proportions of 20, 40, and 60% in the feeding of weaned pigs. Their results determined that, both at a physical level (pH, color, and water retention capacity), and at a chemical level (protein and fat), the best treatment was the one that contained 20% cassava by-products.

Our results show that the addition of cassava and taro to the diet of pigs leads to an increase in organ weight, which is consistent with the results observed by Caicedo *et al.* (2017) when testing the addition of different percentages of taro as a substitute for corn. Kaensombath and Lindberg (2012) found similar results

when soybean meal was replaced with ensiled taro leaves. One reason for the increase in organ weight in pigs fed with taro could be related to the ingestion of oxalate (Kaensombath and Lindberg, 2012), but we cooked the alternative feed to avoid the presence of anti-nutritional factors such as oxalates. However, Taysayavong *et al.* (2018) did not find differences in visceral organ weight and length in Moo Lath and Large White breeds, although they affirmed that their results could be explained by the short experimental period, which was only twelve days.

A greater consumption of feed motivates a greater development of the GIT, which justifies its greater development when providing moist feeds, since a greater volume of feed is given per moisture calculation (Ly *et al.*, 2014). The increase in the feed allowance leads to important increases in the weight of the total viscera, liver, kidneys, etc. Nieto *et al.* (2003). For their part, Fitzsimons *et al.* (2014) point out that, in general, the amount of energy provided in the food could influence the weight of the liver and the gastrointestinal tract. Coinciding with Ortega *et al.* (2021), our results show that this leads to a decrease in the degree of fattening of the carcass in all parts. The addition of a large amount of fiber in the diet contributes to development of the GIT (Kaensombath *et al.*, 2014; Asmus *et al.*, 2014), which explains the results obtained in our study. Since the cassava and taro were administered whole, with the peel included, this provided extra fiber content to the diet of the animals (Valverde *et al.*, 2023).

## **5. Conclusions**

The addition of cassava and taro residues as an alternative in the diet of pigs raised in the traditional backyard production system of Ecuador can be considered an alternative to reduce the use of corn without greatly affecting the

morphological characteristics of the carcass. However, this affects their performance, as there is an increase in the weight of the gastrointestinal tract of pigs during fattening. Although, environmental conditions and the genetic origin can determine geographical differences for these aspects.

The proportions of cassava and taro alternatives used in the formulations must be optimized since they directly increase the amount of protein in the meat, and decrease the degree of fatness in the carcass.

In the production of backyard pigs in Ecuador based on the use of by-products and agricultural wastes, it is necessary to promote the standardization of the type of pig that is raised, promoting the use of local genetic resources.



## **DISCUSIÓN**

---





#### **4.1. Caracterización socio productiva de la cría de cerdos traspatio en sectores rurales del cantón Jipijapa**

Ecuador es uno de los países latinoamericanos que adoptó el “sistema económico popular y solidario”, que propende una relación dinámica y equilibrada entre sociedad, estado y mercado, y su objetivo es garantizar la producción en condiciones materiales e inmateriales que posibiliten el Buen Vivir (Asamblea Nacional del Ecuador, 2011, art. 183).

La pequeña y mediana agricultura representan el 85% de las UPAs y controla el 20% de la superficie de tierra, mientras que la agricultura empresarial representa el 15% y concentra el 80% del suelo cultivable, a pesar de ello la producción campesina de tipo familiar provee más de 60% de los alimentos consumidos en el Ecuador (SENPLADES, 2014). Son consideradas UPAs pequeñas aquellas que no sobrepasan las 8 ha, contando el país con 425.926, las cuales cubren una extensión de 3,462.491 ha (INEC – ESPAC, 2018). Alrededor de 1,600.000 UPAs de pequeño tamaño estarían involucradas en trabajos productivos, siendo las actividades agrícolas y pecuarias su principal fuente de ingreso (Martínez, 2013). Estas pequeñas explotaciones en la mayor parte de los casos son de subsistencia y funcionan total o parcialmente con mano de obra familiar (FAO, 2015).

El sector definido por las UPAs, incluyen las familias productoras de sectores rurales. En Ecuador este sector representa el 65% de los puestos laborales y el 25% del PIB (Torres *et al*, 2017). En este sentido, el año 2010 existían más de 100 mil UPAs de productores de cerdo traspatio que generaban cerca de 89.000 t/año (ProChile, 2013), sin embargo, para el 2016 el panorama cambió y la

producción de granjas semi tecnificadas y tecnificadas incrementó a 84.000 t/año, cayendo la producción traspatio a 54.000 t/año (ASPE, 2016).

El evidente abandono de las actividades agropecuarias, entre ellas la cría de cerdos traspatio, por parte de los pequeños productores rurales es preocupante, considerando que, aunque complementarias, estas actividades son importantes para su economía (Escobar, 2007). Entre las razones del abandono se cita: la resistencia al control sanitario que ejerce el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el cual busca asegurar la inocuidad de la carne que se consume (AGROCALIDAD, 2013), al alto precio de insumos, la no valoración de la canal con precio diferenciado, limitada asistencia técnica y aplicación de nuevas tecnologías (FAO, 2011), y el éxodo del campo a la ciudad (Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, 2015).

La caracterización de los sistemas de producción familiar de cerdos en sectores rurales del cantón Jipijapa, ha dado lugar a la identificación de los sistemas prevalecientes, así como los factores limitantes a nivel sociocultural y organizativo de este segmento poblacional y su relación con otras actividades de la economía del sector agrícola.

En la producción de cerdos traspatio de Ecuador los servicios básicos, fuentes de agua y manejo de desechos, representadas por la dimensión social, fueron determinantes con diferencias entre las comunidades estudiadas. Esta situación es común en los sectores rurales, debido a las limitaciones que tienen a nivel de los servicios básicos (Escalona y Díez, 2003; Martínez, 2017).

Las razas empleadas por los productores de cerdos traspatio son criollos (61,82%) o mestizos (14,55%) adquiridos a productores traspatio con escaso

manejo técnico. En otras regiones de Ecuador, como la provincia de El ORO obtuvieron similares resultados (Gordillo, 2016), así como en Cuba (Pérez *et al.*, 2009) o en el Himalaya (Nath, 2013). En México la porcicultura familiar es una forma de producción constituida por miles de pequeñas comunidades y se caracteriza por la crianza de razas criollas o la combinación con razas mejoradas, agregando que quienes practican este tipo de producción corresponden a los sectores de más bajos recursos y con limitadas posibilidades para modernizarse (Linares *et al.*, 2011).

Los cerdos traspatio son alimentados con alimentos agrícolas locales y desperdicios de cocina o con pienso balanceado. Los cultivos locales que comúnmente son administrados a los cerdos se basan en productos como la yuca, el zapallo, el banano verde, la malanga, la tagua, etc., que son suministrados crudos en gran número de ocasiones por el desconocimiento que se tiene del contenido de antinutrientes como los cianoglucósidos y taninos presentes en la mayoría de ellos. Así, los cianoglucósidos, como la linamarina y lotaustratina, generan cianuro por hidrólisis, que no suelen causar la muerte de los cerdos, pero sí un estado de Intoxicación crónica (Ly, 1998). Y el banano verde contiene una gran cantidad de taninos libres, que le da un sabor astringente que limita su consumo voluntario y la digestibilidad (Padilla, 2019). Por otro lado, los productores que alimentan a sus cerdos con pienso balanceado emplean principalmente el maíz como materia prima, el cual es cultivado por ellos mismos, al que le agregan polvillo de arroz y soya, esta última en menor medida por su alto costo. Esta forma de alimentación es característico de los sistemas productivos de cerdos de países del tercer mundo (González, 2005).

En la alimentación de cerdos traspatio del sector rural de Jipijapa se emplean principalmente el maíz, la yuca, el plátano, banano, zapallo, tagua, polvillo de arroz, que son dados en diferentes combinaciones y en función a su disponibilidad o época de cosecha. Esto coincide en parte con lo expuesto por Agudelo (2014), quien realiza un compendio de investigaciones sobre alimentos alternativos en la cría de cerdos en países tropicales, y menciona como los más utilizados a la yuca, batata, jugo de caña, forrajeras como, morera, caupí, bore, y entre los cereales los subproductos de arroz.

Aquellos productores que no cuentan con tierras de cultivo, o necesitan adquirir fuentes de alimento para su ganado, compran subproductos de cereales como el germen y salvado de maíz y salvado de trigo de molineros que lo mezclan con una fuente de proteínas como la harina de soja, harina de girasol, harina de semilla de algodón y harina de pescado (Mwenda *et al.*, 2014). Sin embargo, los alimentos más utilizados por los productores son el maíz (92,3%), la soya (84,6%), miel (76,9%), pescado y plátano (61,5%) y la yuca (53,8%) (Pérez *et al.*, 2010).

A pesar de que el maíz es el cereal más empleado en la alimentación de los cerdos, los productos alternativos tienen la ventaja de disminuir costes de producción, siempre y cuando se realice una adecuada formulación (García *et al.*, 2012).

Con este tipo de alimentación los cerdos alcanzan la edad o peso de sacrificio a los 9,3 meses de media, sin embargo, como consecuencia de la administración en muchas ocasiones de dietas no formuladas se han detectado que hay productores de cerdos traspatio que sacrifican sus animales con una edad

mayor, observado casos con una edad de sacrificio de 18 meses. Estos resultados son acordes a otras investigaciones con productores de cerdos familiares que solo suministran a sus animales alimentos de la zona, sin considerar contenido nutricional de los mismos (Hernández y Rodríguez, 2013; Nath *et al.*, 2013).

Otro aspecto relativo al sistema de producción traspatio son las prácticas de manejo, que involucra cuando y cómo se administra al cerdo el alimento alternativo. En este sentido, el manejo es uno de los aspectos fundamentales para garantizar buenos resultados productivos, y éste responde a las necesidades de los animales, debiendo ser aplicados con criterio y habilidad por parte del productor (Brunori, 2015). El manejo de los animales, en especial a lo largo del periodo de crecimiento y cebo, puede contribuir a reducir el riesgo de transmisión de enfermedades al consumidor (zoonosis), garantizando la salubridad y por tanto calidad del producto final (canales y carne) (Paramio *et al.*, 2012). El correcto manejo de los animales involucra atención a comederos, bebederos, alimentación, mangas de manejo, etc. (Paramio *et al.*, 2012). En el distrito de San Antonio (Perú) los corrales disponen de construcciones de madera como material predominante en cercos, comederos y bebederos, y pisos de tierra (Nario Lazo, 2017). En México la cría traspatio también se da en instalaciones rústicas con materiales de la región, donde alojan sus animales (Gamboa, 2015). Sin embargo, este tipo de construcciones tradicionales se dan también fuera de América latina, ya que en el Himalaya se hacen las porquerizas de bambú y madera, por ser un material disponible en la localidad, así por reducciones de costo de mano de obra (Nath *et al.*, 2013).

Sin embargo, el manejo del cerdo traspatio es bastante inseguro, ya que no existe control sobre los aspectos productivos del rebaño, los animales se comercializan en las ferias más cercanas y desde ahí son llevados al matadero, aunque muchas veces son sacrificados en casa, vendiendo su carne a los vecinos (SESA, 2008).

Quizás el aspecto más importante relacionado con el manejo de los animales es la alimentación, ya que representa el 75% del costo de producción durante la fase de cebo. El productor traspatio tiene el problema de desconocer el uso adecuado de las materias primas locales (Echeverría Parrales, 2021), lo que dificulta alcanzar niveles productivos óptimos, agravando las pérdidas económicas debido a que el cerdo, aunque duplique su edad, no alcanza los pesos promedios para la comercialización, viéndose afectada entre otras cosas la calidad de la canal por la inadecuada nutrición del animal. Para garantizar el rendimiento productivo del animal, las alternativas alimenticias deben ser formuladas atendiendo al requerimiento nutricional del animal, y para esto se recomienda realizar análisis bromatológicos a fin conocer el contenido nutricional e incluso toxicidad para evitar usos inadecuados de los mismos (Agdeppa-Namoco *et al.*, 2012). Además, es necesario estudiar el uso de forrajes no solo tradicionales sino también no tradicionales, lo cual bien podría disminuir los costos de producción (Negreyeva *et al.*, 2018).

#### **4.2. La yuca y malanga como alternativas alimenticias del cerdo de engorde**

La cantidad de fibra bruta de la yuca es baja (Knowles *et al.*, 2012), coincidiendo con lo obtenido en nuestros análisis bromatológicos. Los niveles proteicos del tubérculo de la yuca varían de una variedad a otra y al tipo de

manejo, especialmente a la fertilización (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011). En trabajos previos se han obtenido niveles de proteína de hasta un 5,17%(Rodríguez *et al.*, 2009), valor muy superior al obtenido por nosotros (3,2%), el cual es similar al obtenido por Suárez Guerra y Mederos Vega (2011) y superior al aportado por Rodríguez *et al.* (2009), Knowles *et al.* (2012) y Vargas Aguilar y Hernández Villalobos (2013).

Otro componente de gran importancia son los lípidos. Las muestras de yucas de nuestro estudio mostraron valores similares a los obtenidos por Vargas Aguilar y Hernández Villalobos (2013). Por último, el aporte calórico de este alimento supera al de otros tubérculos e incluso a la patata (Vargas Aguilar y Hernández Villalobos, 2013).

La malanga de nuestro estudio presentó un contenido en fibra similar al obtenido por Rodríguez-Miranda *et al.* (2011) e inferior al aportado por Plúa *et al.* (2019), quien aduce que su alto porcentaje puede verse afectada por la cosecha de tubérculos fisiológicamente inmaduros. Sin embargo, el contenido de proteína cruda, lípidos y cenizas fue similar al obtenido por Plúa *et al.* (2019). Dicho autor pone de manifiesto que en las cenizas procedentes de la malanga el mineral presente en mayor cantidad es el magnesio, seguido del calcio, hierro y zinc. Muestras de malanga analizadas por otros investigadores presentaron similares contenidos en lípidos y cenizas pero superiores en proteína y fibra (Madrigal *et al.*, 2018; Sánchez Janeth *et al.*, 2018).

#### **4.3 Efecto de la yuca y la malanga en el crecimiento del cerdo traspatio**

En el contexto productivo, el reemplazo del maíz como alimento principal en la dieta de los cerdos en el trópico ecuatoriano, tanto en las etapas de



crecimiento como en el engorde es una práctica habitual (Lagos y Orlando, 2021). La yuca podría reemplazar totalmente al maíz y el follaje podría ser incluido hasta en un 25% de la dieta del animal, sin que se viera afectada la producción de los animales (González, 2005; Lezcano Perdigón *et al.*, 2014). El empleo del follaje, cuyo contenido en fibra alcanza el 25,97% (Figueiredo *et al.*, 2012), se debe de hacer con mucha precaución en cerdos, ya que al ser monogástricos un alto contenido en fibra puede ser perjudicial para los animales al generar una mayor cantidad de movimientos peristálticos que provoca una circulación más acelerada del alimento (Quiñonez *et al.*, 2007).

Las experiencias previas realizadas con yuca en detrimento del maíz han dado buenos resultados. Así, Romero *et al.* (2017) reemplazando el maíz hasta por un 30% de afrecho de yuca, obtuvo una ganancia de peso en la etapa de engorde de 36 kg, superando en 0,5 kg al grupo testigo, y una conversión alimenticia del 3,4 %.

Con respecto a la malanga, cocinada podría sustituir hasta en un 50% al maíz y cruda un 25% (Plúa *et al.*, 2019), mientras que Caicedo *et al.* (2018) señalan que si se aporta en forma de ensilado se puede reemplazar totalmente al maíz sin afectar los parámetros productivos del cerdo (Sánchez Janeth *et al.*, 2018; Caicedo *et al.*, 2019).

Los cerdos traspatio de Quinindé y Rio Chico que tuvieron mejores rendimientos productivos fueron aquellos que recibieron una dieta con un 42% de yuca y malanga (21% de cada tubérculo), siendo acertado por tanto el empleo de alternativas alimenticias en las fases de crecimiento y en la de engorde.

Además, el hecho de que los cerdos se criaron de manera saludable sin tener ninguna baja hace que sea una alternativa potencial en la alimentación animal.

#### **4.4. Digestibilidad aparente en cerdos de engorde con la inclusión de yuca y malanga en su alimentación**

Los cerdos alimentados con mayor cantidad de yuca y malanga (T3) mostraron una mayor asimilación del nitrógeno (56,13 y 57,20%). A pesar de ello, los valores fueron superiores a los obtenidos en una investigación anterior donde los cerdos fueron alimentados con follaje de yuca (Almaguel *et al.*, 2010) pudiendo deberse a que el follaje contiene mayor cantidad de fibra.

Los resultados de digesta ileal de nuestro ensayo no mostraron diferencias entre las tres dietas analizadas (T1\_control; T2\_32% yuca + malanga; T3\_42% yuca + malanga). Sin embargo, se observaron mejores resultados en el grupo de animales que fueron alimentados con un 42% de alimento alternativo (yuca + malanga) (56,7). Estos resultados difieren de los obtenidos por Almaguel *et al.* (2010), que alcanzó una digesta ileal del 43,9% aunque la diferencia se podría deber al uso de harina de follaje de yuca. No existen más evidencias de digestión aparente en el íleon empleando yuca o malanga, y mucho menos ambas de manera simultánea. Sin embargo, consideramos válido considerar los resultados de investigadores que aplicaron digesta aparente rectal utilizando yuca. En este sentido Parra *et al.* (2002) obtienen una digesta promedio con la harina de yuca del 74,58 % con niveles de raíz del 38% y follaje del 30%. Por otro lado, Caicedo *et al.* (2018, 2019) obtuvieron en sus ensayos de digesta rectal con malanga en forma de harina y ensilada en estado sólido, un nivel de digestibilidad del 91,89 y 87,81% de proteína cruda, respectivamente. Investigaciones anteriores sobre

la comparación de diferentes dietas, unas basadas en alimentos alternativos y otras basadas en el maíz como principal fuente de carbohidratos, obtuvieron resultados similares a los nuestros en el sentido que los citados investigadores no encuentran diferencias entre dietas (Almaguel *et al.*, 2010; Ly *et al.*, 2014).

#### **4.5. Análisis económico de los tratamientos efectuados en el ensayo**

Un aspecto importante del uso de alternativas alimenticias es sin duda la posibilidad de disminuir costes de producción. Los resultados obtenidos determinan que el grupo T3 con un 42% de yuca y malanga, resultó con un costo de 3,61 \$/kg de carne, generando un ahorro de 0,07 centavos de dólar por cada kilo de carne producido, y por lo tanto es el tratamiento que generó mayores ganancias económicas de los tres considerados. Estos resultados están acordes con lo expuesto por González (2005), que afirma que las alternativas alimenticias como la yuca contribuyen a disminuir hasta en un 23,5% los costes de producción sin que se vea afectada la productividad, lo que ha sido corroborado por Benítez *et al.* (2015) quien en un ensayo con alternativas alimenticias obtienen mayores beneficios económicos al obtener un menor costo de producción por kilo de la canal. Romero De Armas *et al.* (2017) con el uso de afrecho de yuca disminuyó 5 centavos de dólar por cada kilo de alimento producido, lo que resulta significativo en la producción porcina. Por su parte, Aragadvay *et al.* (2016) y Cortez y Valverde (2021) obtienen mayor ganancia al utilizar alternativas alimenticias basadas en yuca, malanga y harina de palmiste.

La eficiencia alimenticia es crucial desde la perspectiva de la economía agrícola, pues permitiría mejorar los ingresos al productor (Atsbeha *et al.*, 2020). El uso de alternativas alimenticias locales contribuye a reducir el impacto

ambiental (Sporchia *et al.*, 2021), además da lugar al desarrollo de una agricultura integral y sostenible que implica ahorros al productor (de Quelen *et al.*, 2021; Sporchia *et al.*, 2021).

#### **4.6. Morfometría de la canal y del tracto gastro-intestinal, y calidad de la canal en cerdos de engorde alimentados con yuca y malanga**

La dieta administrada al animal influye directamente sobre las características de la canal (Sundrum *et al.*, 2012). Sin embargo, este hecho no se ha producido en nuestro estudio, ya que las diferencias detectadas en las características de la canal fueron debidas principalmente a la localización geográfica de los animales, no viéndose afectados los resultados por la dieta que recibieron los animales. Estas diferencias podrían ser atribuidas tanto a cambios en la base genética de los cerdos criollos mestizos y el entorno en el que se encuentran los animales (Schinckel y De Lange, 2022). En las pruebas realizadas se utilizaron cerdos mestizos adquiridos a los productores locales, con escasa selección hacía animales altamente especializados en la producción cárnica. El mestizaje en el porcino ecuatoriano traspatio es muy frecuente, dando fenotipos muy diversos que varían de unos productores a otros (Aguilera *et al.*, 2011; Valverde *et al.*, 2021). A pesar de que la elección de los animales ha sido aleatoria para la conformación de los grupos y de que las condiciones ambientales y de cría son similares, son muchas las diferencias obtenidas entre las localizaciones, lo que sugiere una heterogeneidad genética en los sujetos que componen la muestra pero se corresponde con la realidad de los sistemas de cría de cerdos traspatio de Ecuador y los resultados sobre el efecto de los tratamientos deben ser interpretados dentro de cada una de las dos localizaciones de los ensayos.

Existen similitudes ambientales entre las dos zonas geográficas, pero de cara a la comercialización de la carne de cerdo producida bajo sistemas de cría traspatio de Ecuador, habría que tener en cuenta que la heterogeneidad de los cerdos mestizos también da lugar a características diferenciales de las canales. Los resultados sugieren la necesidad de promover la cría de modelos genéticos estandarizados, para lo que los recursos locales autóctonos de base criolla pueden ser una buena opción, pero se precisan estudios que caractericen la variabilidad de esos recursos genéticos (Castrillón *et al.*, 2005; Mader *et al.*, 2009).

Estudios previos demostraron que la adicción de un 10% de hoja de yuca en la dieta durante la fase de engorde de cerdos mejora las características de la canal con relación al pienso convencional (Ekpo *et al.*, 2022). Paredes *et al.* (2017) al comparar dietas convencionales con aquellas en las que se adicionaban desperdicios de cocina también encontraron resultados similares.

Sin embargo, nuestros resultados han puesto de manifiesto que los cerdos traspatio de Ecuador alimentados con pienso o yuca y malanga no mostraron diferencias en los aspectos relacionados con la morfología de la canal. Además, no hemos detectado que los diferentes porcentajes de alternativa probados afecten al tamaño de las piezas de la canal o a la calidad de la carne, por lo que consideramos que la formulación más óptima es aquella que incluye un 32% del alimento alternativo. Esta formulación también se demostró previamente como la más favorable en términos económicos de productividad sin que se produzcan efectos negativos sobre la salud de los cerdos en cebo (Valverde *et al.*, 2023).

El empleo de yuca fermentada en un 40% en la alimentación de cerdos incide a nivel de contenido de grasa, humedad, ceniza en la canal, así como al contenido proteico de la carne (Aro y Akinjokun, 2012). Esto último se ha puesto de manifiesto también en nuestros resultados, al mostrar un mayor contenido proteico la carne derivada de cerdos alimentados con yuca y malanga. En coincidencia con nuestros resultados, la adición de yuca o malanga provoca que el animal acumule menor cantidad de grasa, lo que se pone de manifiesto por una disminución del espesor de la grasa subcutánea e intramuscular en los cerdos (Kaensombath y Lindberg, 2012; Ekpo *et al.*, 2022).

Hasan *et al.* (2020) utilizó subproductos de yuca (follaje, pulpa y cascara) en distintas proporciones (20, 40 y 60%) en la alimentación de cerdos destetados; sus resultados determinaron que tanto a nivel físico (pH, color, capacidad de retención de agua), como químico (proteína y grasa) el mejor tratamiento fue el que contenía subproductos de yuca en un 20%. El pH en la carne está relacionado con la capacidad de retención del agua y un mayor grado de insaturación y oxidación de lípidos en el cerdo, siendo la dieta el factor de mayor incidencia en la composición de los ácidos grasos de los tejidos (Tomažin *et al.*, 2019).

Con respecto al tracto gastro intestinal (TGI), nuestros resultados han puesto de manifiesto que la adición de yuca y malanga en la dieta de los cerdos provocó un aumento del peso de órganos, coincidiendo con lo obtenido por Caicedo *et al.* (2017) al probar la adicción de diferentes porcentajes de malanga como sustitutivo del maíz. Sin embargo, Kaensombath y Lindberg (2012) no constataron este efecto.

Un mayor consumo de alimento motiva un mayor desarrollo del TGI, lo que justifica el mayor desarrollo de éste, al dar alimentos húmedos pues se otorga más volumen de alimento por cálculo de humedad (Ly *et al.*, 2014), lo que puede ser explicado por el aumento de la asignación de alimento que da lugar a importantes aumentos en el peso de las vísceras totales, hígado, riñones, etc. (Nieto *et al.*, 2003). En coincidencia con Ortega *et al.* (2021), nuestros resultados ponen de manifiesto que ello conlleva una disminución en el grado de engrasamiento de la canal a nivel de todas las regiones. La administración de gran cantidad de fibra en la dieta provoca un desarrollo del TGI (Kaensombath *et al.*, 2013; Asmus *et al.*, 2014), lo que explica los resultados obtenidos en nuestro estudio, ya que la yuca y la malanga fue administrada entera, con la cáscara incluida, aportando un contenido de fibra extra a la dieta de los animales (Valverde *et al.*, 2023).

## **CONCLUSIONES**

---





## Conclusiones del CAPITULO I

1. La investigación determinó la importancia socio-productiva que la cría de cerdos traspatio tiene para las familias del sector rural del cantón Jipijapa y caracterizó los sistemas productivos. El muestreo y la encuesta, así como la metodología de aproximación utilizada para determinar la diversidad de las pequeñas granjas de tipo familiar con cerdos de traspatio fueron adecuadas para registrar la variabilidad existente y para identificar agrupaciones.
2. Se identifican cinco tipologías diferentes en función de sus características de la ubicación, las prácticas socio-económicas y de manejo, y de alimentación. Esto se puede utilizar como una herramienta para ayudar a los productores e instituciones a determinar las potencialidades locales, así mismo para que identifiquen las debilidades y establezcan las innovaciones apropiadas para cada tipo en interés de impulsar esfuerzos hacia la transición agroecológica..
3. La vinculación de los pequeños productores a las actividades agrícolas que representa un 85% del sector les permite realizar actividades sostenibles, con una producción basada en sus estrategias de alimentación con el uso de subproductos de cultivos y residuos de cocina que, junto con el uso de cerdos criollos, contribuye a la reducción en el uso de productos externos. Se han identificado hasta 7 productos locales resultante de los cultivos agrícolas empleados y entre los que destaca el uso tradicional de la yuca y la malanga para realizar formulaciones alimentarias alternativas por su interés nutricional y su digestibilidad.

## Conclusiones del CAPITULO II

4. La combinación de yuca y malanga cocidos, administrados en proporciones iguales, y siguiendo la práctica tradicional de los productores de cerdos traspatio ecuatorianos, se ha demostrado tener una composición química apta para su uso como alternativa en la alimentación porcina, que permite una reducción de casi un 20% en la cantidad de maíz en la dieta.
5. El uso combinado de yuca y malanga cocida en la formulación de alimentos para el cerdo traspatio ha demostrado ser una alternativa válida al maíz. En términos de rendimiento productivo durante el crecimiento y el engorde, la asimilación del nitrógeno de la dieta, la reducción de la dependencia del ambiente de crianza, y la inclusión del 32% de yuca y malanga en la formulación es una opción eficaz. Considerando además, que no hemos detectado que los diferentes porcentajes de alternativa probados afecten al tamaño de las piezas de la canal o a la calidad de la carne, por lo que consideramos que la formulación más óptima es aquella que incluye un 32% del alimento alternativo.
6. El uso combinado de yuca y malanga cocida proveniente de excedentes de cultivos o subproductos en la alimentación de cerdos de traspatio en Ecuador contribuye a la economía circular al reducir significativamente los costos de producción, mejorando así el beneficio/costo. Además, también ayuda a reducir los impactos ambientales al utilizar insumos y reducir la producción de residuos.

### **Conclusiones del CAPITULO III**

7. La adición de residuos de yuca y malanga como alternativa en la dieta de los cerdos criados en sistema de producción tradicional traspatio de Ecuador puede ser considerada como una alternativa para disminuir el uso de maíz sin que se vean afectadas las características morfológicas de la canal, pero sí repercute en su rendimiento al producirse un incremento en el peso del tracto gastro-intestinal de los cerdos durante el engorde.
8. La proporción de alternativa de yuca y malanga empleada en las formulaciones debe ser optimizada de cara a su posibilidades industriales y comerciales y de aceptación de los consumidores, ya que directamente aumenta la cantidad de proteína de la carne y disminuye el grado de engrasamiento de la canal.
9. En la producción de cerdos criados traspatio de Ecuador con base al aprovechamiento de subproductos y desperdicios agrícolas se hace necesario promover la estandarización del tipo de cerdo que se cría promoviendo el uso de recursos genéticos locales.



## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---



- Abu O.A.; Olaleru I.F.; Omojola A.B. (2015). Carcass Characteristics and Meat Quality of Broilers Fed Cassava Peel and Leaf Meals as Replacements for Maize and Soyabean Meal. *J. Agric Vet. Sci.* 8(3): 41–46.
- Acero, P.A. (2016). Planificación y Manejo de la Explotación de Ganado Porcino Tomo VI. Edita: Consejería de Agricultura y Ganadería. . Available online: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-instalaciones\\_porcinas/39-Porcino.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-instalaciones_porcinas/39-Porcino.pdf) (accessed on 13 April 2021).
- Acosta E., S. Ribera, R. Botero, R. Taylor. (2006) Evaluación de tres raciones alternativas para la sustitución del concentrado comercial en el engorde de cerdos Universidad EARTH. Las Mercedes de Guácimo Costa Rica. *Tierra Tropical* 2 (2): 97-104.
- Agdeppa-Namoco, Rhoda P, Kersey Chene, and P Gican. (2012). 0 Mindanao Journal of Science and Technology Alternative Feed Rations for Grower Stage Backyard Swine. “Alternative Feed Rations for Grower Stage Backyard Swine.” *Mindanao Journal of Science and Technology* 0: 93–106. <https://mjst.ustp.edu.ph/index.php/mjst/article/view/31/45>
- AGROCALIDAD (2009). Programa Nacional sanitario porcino. Dirección de Sanidad Animal programas específicos programa sanitario porcino. <http://www.agrocalidad.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/08/1%20Programa%20Nacional%20Sanitario%20Porcino%20-%20AGROCALIDAD.pdf>.
- AGROCALIDAD “Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del Agro” (2013). Ministerio de Agricultura, ganadería, acuicultura y pesca. Instructivo para el Sacrificio y Disposición Final de Animales. Available online: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/bi3.pdf> (October 22, 2022).
- AGROCALIDAD. (2013). Programa Nacional Sanitario Porcino. Dirección de Sanidad Animal Programas Específicos Programa Sanitario Porcino. 2013. Available online: <https://docplayer.es/27629251-Programa-nacional-sanitario-porcino-programa-nacionalsanitario-porcino-2.html>
- AGROCALIDAD. (2012). Programa Nacional sanitario porcino. Control y erradicación de la peste porcina clásica por zonificación en el Ecuador. Available online: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/d1.pdf>. (accessed on 13 August 2023).
- Agroproyectos, (2017). *Que es Relación Beneficio Costo (R B/C)*. Obtenido de: <https://agroproyectos.org/relacion-beneficio-costos/>
- Aguilar Martínez José. (2017). Inclusión de harina de follaje y raíz de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en cerdos en desarrollo y su efecto sobre el comportamiento productivo y morfometría del tracto gastrointestinal. Managua – Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. . Available online: <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3533> (accessed on



23 September 2023).

Agudelo QJ., (2014). Metaanálisis: eficiencia productiva en cerdos de levante alimentados con materias primas alternativas de países tropicales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Medellín.

Agudelo Quintero, Janeth, and Martha Mesa-Granda. (2022). "Eficiencia Productiva En Cerdos de Levante Alimentados Con Materias Primas Alternativas de Países Tropicales: Meta-Análisis." *Intropica*: 114–32. file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-EficienciaProductivaEnCerdosDeLevanteAlimentadosCo-8686417.pdf (February 23, 2023).

Almaguel, R.E.; Cruz, E.; Mederos, C.M.; Ly, J.; Piloto, J.L.; González, J.; Macías, J.; Domínguez, P.L. (2010). Utilización de la Yuca en la alimentación de los cerdos en crecimiento ceba como fuente de energía. *ANAPORC* 73, 34–39

Álvarez. (2017). Utilización de los subproductos de mataderos avícolas en la alimentación de monogástricos. Obtenido de <http://search.url.com/search/result?google=1&url=http%3A%2F%2Fwww.sian.info.ve%2Fporcinos%2Fpublicaciones%2Fsegencuentr%2FAlvarezr.htm&title=Utilizaci%C3%B3n%20de%20los%20subproductos%20de%20matadero%20av%C3%ADcolas%20...%20-%20sian.info.ve&query=www.sia>

Álvarez, S., Timler, C., Michalscheck, M., Paas, W., Descheemaeker, K., Tittonell, P., Andersson, J. and Groot, J.. (2018). Capturing farm diversity with hypothesis-based typologies: An innovative methodological framework for farming system typology development. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194757>.

Añazco Dilas, M. L. (2015). Efecto del selenio orgánico sobre las propiedades tecnológicas y la estabilidad oxidativa de la carne de cerdo en congelación.

Aragadvay-Yungán Ramón Gonzalo, Oscar Patricio, N.-T., Giovanny Patricio, V.-E., Luis Alfredo, V.-A., & Jorge Ricardo, G.-L. (2016). Uso de harina de *Colocasia esculenta* L., en la alimentación de cerdos y su efecto sobre parámetros productivos. *Selva Andina Animal Science*, 3(2), 98–104. [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v3n2/v3n2\\_a04.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v3n2/v3n2_a04.pdf)

Araujo, W., Albino, L., & Sakomura, N. (2011). Meat quality in "in door" and "outdoor" production systems of poultry and swine. *J. Anim. Sci*, 1(3): 75-88.

Arias, P., Dankers, C., Liu, P., & Pilkauskas, P. (2004). LA ECONOMIA MUNDIAL DEL BANANO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma: ESTUDIOS FAO PRODUCTOS BÁSICOS 1. <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s04.htm>

Aro, S.O.; Akinjokun, O.M. (2012). Meat and carcass characteristics of growing pigs fed microbially enhanced cassava peel diets. *Arch. Zootec*. 61, 407–414.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). Constitución de la República del Ecuador. Reforma del 2011. Publicada en el Registro Oficial No. 449,

Available online: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec079es.pdf> (accessed on 13 April 2021).

Asmus, M D.; De Rouchey, J. M.; Tokach, M. D.; Dritz, S. S.; Houser, T. A.; Nelssen, J. L.; Goodband, R. D. (2014). Effects of Lowering Dietary Fiber before Marketing on Finishing Pig Growth Performance, Carcass Characteristics, Carcass Fat Quality, and Intestinal Weights. *J. Animal Sci.*, 92: 119–28.

ASPE. Asociación de Porcicultores del Ecuador. (2016). Datos porcícolas. Asociación de Porcicultores del Ecuador. <https://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/datos-porcicola-2011>

ASPE. Asociación de Porcicultores del Ecuador. (2022). Importancia económica de la porcicultura valor bruto de la producción. Ecuador. Available online: [https://aspe.org.ec/wp-content/uploads/2022/09/DATOS\\_PORCICULTURA.pdf](https://aspe.org.ec/wp-content/uploads/2022/09/DATOS_PORCICULTURA.pdf) (accessed on 13 August 2023).

Astudillo, O. A. (2013). Estudio de la carne de cerdo y propuesta gastronómica. Tesis. Universidad Institucional del Ecuador, Quito.

Astaíza Martínez JM, Muñoz Ordóñez MR, Benavides Melo CJ, Vallejo Timarán DA, Chaves Velásquez CA. (2017). Caracterización técnica y productiva de los sistemas de producción lechera del valle de Sibundoy, Putumayo (Colombia). *Rev Med Vet.*; (34 Supl):31-43. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4253>

Atsbeha, D. M., Flaten, O., Olsen, H. F., Kjos, N. P., Kidane, A., Skugor, A., Prestløkken, E., & Øverland, M. (2020). Technical and economic performance of alternative feeds in dairy and pig production. *Livestock Science*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104123>

Avendaño-Reye, L.; Robinson, P.H.; Hernández-Rivera, J.A.; Correa-Calderón, A.; López-López, A.; Mellado, M.; Macías-Cruz, U. (2020). Characterization of small-scale dairy farms and its relation to water use efficiency in the Mexicali Valley, Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.*, 52, 1141–1148.

Barrios Urdaneta, A., Quintero Modreno, A., Trompíz, J., González Villalobos, D., Urdaneta Rincón, M., & Miranda López, S. (1). (1996). Uso de auyama (cucurbita maxima) en la alimentación de cerdos. Etapa de engorde y características de la canal. *Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias De La Universidad Del Zulia*, 6(2). Recuperado a partir de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14250>

Babatunde, O.O.; Park, C.S.; Adeola, O. (2021). Nutritional potentials of atypical feed ingredients for broiler chickens and pigs. *Animals* 2021, 11, 1196.

Bastidas, H. A. (2016). Efecto de la ingestión de residuos postcosecha de *Theobroma cacao* L. Sobre el comportamiento productivo de cerdos en la ase

de engorde. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias carrera Ingeniería Agropecuaria.

Benítez-Meza, Alfredo, Gómez-Gurrola, Agapito, Hernández-Ballesteros, Juan, Navarrete-Méndez, Raúl, & Moreno-Flores, Luis. (2015). Evaluación de parámetros productivos y económicos en la alimentación de porcinos en engorda. *Abanico veterinario*, 5(3), 36-41.

Benítez Ortiz Washington y D. Sánchez Manuel (Modificado 2017). Los Cerdos Locales en los sistemas Locales de producción. Aspectos generales de la producción porcina tradicional. Estudio FAO producción y sanidad animal 148. ISSN 1014-1200.

Beyli, M.E.; Brunori, J.; Campagna, D.; Cottura, G.; Crespo, D.; Denegri, D.; Ducommun, L.; Faner, C.; Figueroa, M.E.; Franco, F.(2012). Buenas Prácticas Pecuarias para la Producción y Comercialización Porcina Familiar. FAO. 2012. Available online: <http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf> (accessed on 13 April 2021).

Boada, A. M. (2018). Estimación de la grasa dorsal y la condición corporal en cerdas utilizando medidas e índices morfométricos. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Bolagay, M. J. (2019). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una granja porcícola semi-intensiva para la crianza de cerdos de engorde. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Bote, C., Fructuoso, C., & Mateos, G. (2017). Calidad de la carne según la producción porcina. *Estudios sobre nutrición y alimentación, FEDNA*. 6-7: 77-111.

Braun, R. O., y Pattacini, S. H. (2011). Característica de carne de cerdo. Valoración de las propiedades tecnológicas de cerdos alimentados con alternativas locales en la región semiárida Pampeana. *A Fac. Agron. – UNLPam*, 22:5-12.

Bravo Garzón E. (2017). Mejoras de procesos y optimización de la producción porcícola en la granja de la Universidad de las Américas. Facultad de ingeniería y ciencias agropecuarias. Available online: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7436/1/UDLA-EC-TIAG-2017-05.pdf>

Brunori, J. (2015). Sistemas de Producción a Campo. Cambios Cualitativos para Afrontar las Transformaciones de la Cadena de Valor Porcina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Available online: [https://inta.gov.ar/sites/default/files/scripttmp-inta-sistemas\\_de\\_produccion\\_a\\_campo.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/scripttmp-inta-sistemas_de_produccion_a_campo.pdf) (accessed on 13 April 2021).

Buenaño, C. X. (2015). Formulación de dietas alimenticias utilizando harina de papa china (*Colocasia esculenta* L.) en la alimentación de cerdos (*Sus scrofa*) en la etapa de pos destete. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de

Ambato.

- Buitrón Diana, Almeida Luis. (2008). Alternativas para la alimentación de cerdos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Revista Investigación Científica.
- Buxadé Carlos. (1996). Zootecnia bases de producción animal Tomo VI Porcinocultura intensiva y extensiva. Madrid etc. Mundi-Prensa. ISBN: 84-7114-589-8
- Caicedo, W., Rodríguez, R., & Lezcano, P. (2015). Chemical composition and in vitro digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs. Cuban Journal of Agricultura Science, 49(1): 59-64.
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Vargas, J. C., Uvidia, H., Valle, S., & Flores, L. (2017). Effect of taro tubers silage (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) on the morphometry of the gastrointestinal tract of growing pigs. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(2).
- Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M., & Perez, M. (2019). Chemical composition and apparent digestibility of taro tubers processed by solid-state fermentation (SSF) in growing pigs. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru, 30(2), 580–589. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16078>
- Caicedo, W.; Sanchez, J.; Tapuy, A.; Vargas, J.C.; Samaniego, E.; Valle, S.; Moyano, J.; Pujapat, D.; Caicedo, W.; Sanchez, J.; (2018). Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de ceiba (*Largewhite* x *Duroc* x *Pietrain*), alimentados con harina de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Nota técnica. Cuban J. Agric. Sci. 52, 181–186.
- Caicedo, W.; Rodríguez, R.; Lezcano, P.; Vargas J.C.; Uvidia, H.; Valle S.; Flores, L. (2017). Effect of Taro Tubers Silage (*Colocasia Esculenta* (L.) Schott) on the Morphometry of the Gastrointestinal Tract of Growing Pigs. Cuban J. Agric. Sci. 2017, 51(2), 183-190.
- Cantos Plúa, J. J. (2019). Caracterización socio-productiva en pequeñas unidades rurales de productores porcinos traspatio, de la parroquia El Anegado (Bachelor's thesis, Jipijapa-UNESUM).
- Campion, D. (2013). Sistemas de producción porcina y su incidencia en la calidad de la. Obtenido <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/calidad-carne-porcina-produccion.pdf>
- Campos-Granados, C. M., & Arce-Vega, J. (2016). Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. Nutrición animal tropical, 10(2), 91-113.
- Campabadal, C. (2009). Guía técnica para la alimentación de cerdos. Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Carbajal Basilo Daith Sandra, & Otarola Gamara Antonio. (2019). Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades depituca (*Colocasia esculenta*) Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad De Ciencias Agropecuarias Escuela De Formación Profesional De Industrias Alimentarias.  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2555/1/T026\\_70137643\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2555/1/T026_70137643_T.pdf)

- Carrero, H., & Cataño, G. (2005). Manual de Producción Porcícola. Servicio Nacional de Aprendizaje, 114.
- Carriel, S. Y. (2015). Respuesta de un promotor de crecimiento en cerdos criollos en la fase de crecimiento. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Cattaneo, J.P.; Miranda, R.L.; Prieto, V. (2015). Producción de Cerdos con Implementación de Energía Renovable. Bachelor's Thesis, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael, San Rafael, Argentina.
- Castillo Luis. (1984). Principales razas porcinas y cruzamientos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Available online: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1317/1/INIAP%20%20Bolet%20%20Divulgativo%20139.pdf> (ac-cessed on 13 August 2023).
- Castillo-Quero, M.; Guerrero, M.D. (2019). Caracterización estructural, productiva y financiera de las explotaciones de jóvenes agricultores. ITEA Inf. Tec. Econ. Agrar., 115, 62–82.
- Castrillón, H.; Wilson, E.; Fernández, J.A.; Restrepo, L. (2005). Determination of pse (pale, soft and exudative) meat in pork carcasses. Vitae, revista Fac. Quím. Farm. 2005, 12(1): 23–28.
- Cepeda, G. M. C. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 11(1), 116-123.
- Cerisuelo, A; Castellóla, L., Moseta, V.; Martíneza, M.; Hernández, P., Piquera, O.; Gómeza, E.; Gasac, J.; Lainez, M. (2010). The Inclusion of Ensiled Citrus Pulp in Diets for Growing Pigs: Effects on Voluntary Intake, Growth Performance, Gut Microbiology and Meat Quality. Liv. Sci. 2010, 134(1–3): 180–82.
- Cíntora Iván. (2011). Instalaciones para un criadero de cerdos dedicado a la explotación semi-intensiva. Engormix. Obtenido de: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/instalaciones-criadero-cerdos-dedicado-t25910.htm>
- Ciria, J., & Garcés, C. (1996). El cebo intensivo en ganado porcino. En Bases de producción animal (págs. 181-197). Lima: MudiPrensa.
- Chancay, S. (2016). La agricultura como forma de resistencia campesina. Antropol. Cuad. Investig., 17, 128–141.
- Chávez Narváez, M. M. (2022). Evaluación del crecimiento y grasa dorsal del cerdo criollo del cantón Guamote provincia de Chimborazo. Bachelor's Degree. Polytechnic Higher School of Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. Available online:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17515/1/17T01754.pdf>  
(accessed on 13 August 2023).

- Chugcho Verónica. (2017). Apuntes acerca de la ganadería porcina en Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas Ecuador. Punto de encuentro técnico, económico y de gestión. Obtenido de: <http://foroagroganadero.com/news/new/IdNew/601/Option/3>
- Collen. (2017). Feasibility of water cooking for pork ham processing as compared with traditional dry and wet air cooking methods. J. USA.
- Coma, J., Companys y Piquer, J., (2013). Nutrición, alimentación y efectos sobre la calidad de carne en porcino. XV Curso de Especialización. Avance en nutrición y alimentación en explotación pecuarias, 197-122.
- Conde-Aguilera, J. A.; Aguinaga, M.A.; Lara L.; Aguilera, J.F.; Nieto, R. (2011). Carcass Traits and Organ Weights of 10-25-Kg Body Weight Iberian Pigs Fed Diets with Different Protein-to-Energy Ratio. An. Feed Sci. Tech. 2011, 164(1–2): 116–24.
- Conejo Aguilar, L. A. (2016). Evaluación del efecto de tres fuentes de proteína vegetal (soya-alfarina-algodón) en el alimento balanceado para cerdos landrace (sus scrofa) en etapa de crecimiento y engorde en la comunidad de Quinchuquí-Otavaló (Bachelor's thesis).
- Corporación Financiera Nacional “CFN”. (2022). Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería – Precios productor, Banco Mundial - Commodity prices. Elaborado por: Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios. Disponible en: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Maiz.pdf>
- Cossío, N. S., Giler, M. A. B., & Alvarado, P. M. S. (2021). Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí. ECA Sinergia, 12(3), 155-174.
- Crespo, C.F.; Carrasco, L.M.; Aimacaña, N.L.; Chávez, A.C. (2019). Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. Granja Rev. Cienc. Vida, 30, 103–120, doi:10.17163/lgr.n30.2019.09.
- Cruz, J. L. (2013). La yuca (Manihot esculenta), características, valor nutritivo y composición bromatológica. Boletín Técnico Porcino, 8.
- Cubillos, R. (2016). Alternativas en nutrición porcina: no todo es maíz y soja. Obtenido de SwineAdvisor, Chile.: <http://www.elsitioporcino.com/articles/2702/alternativas-en-nutrician-porcina-no-todo-es-maaz-y-soja/>
- Cunnigham, J. (2014). Fisiología Veterinaria. Elsevier Saunders: Cuarta edición
- Daszkiewicz, T., Denaburski, J., y Sáiz Cidoncha. (2018). Efecto de la grasa intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne. Technol. Porc, 1(7-8):4-

12.

- Davison, W. M. and Kennedy J. W. (2014), Digestibility studies with swine. *Can. Journal Agr. Science* Vol. 33: 611-632
- Daza, C.E. (2015). Estado, agroindustria y campesinos en el Ecuador. Instituto de Estudios ecuatorianos y el Observatorio del cambio Rural. <https://docplayer.es/11429287-Problematicas-de-la-tierra-en-el-ecuador.html>
- Da Silva, J. T., de Paula, C. D., Moreira de Oliveira, T., & Pérez, O. A. (2008). Derivados de la Yuca y Componentes Tóxicos en Brasil. *Temas Agrarios*, 13(2), 5–16. <https://doi.org/10.21897/rta.v13i2.665>
- Da Silva, A.P. (2013). Caracterización e Influencia de los Factores de Producción en el Cebo de Cerdos en Condiciones Comerciales. Ph.D. Thesis, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, Spain,
- De Rouchey, J. (2014). Sistema Digestivo del Cerdo: Anatomía y Funciones. CIAP.
- Díaz, I.; Garrido, I. (2015). Correspondencias Múltiples en SPPS. Estadística IV; Facultad de la Ciencias Sociales de la Universidad de Chile: Santiago de Chile, Chile.
- Diniz, T., Granja, T., Viegas, R., & Oliveira, M. Z. (2014). Uso de subproductos del banano en la alimentación animal. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 194-212.
- Di Marco, O. (2007). Conceptos de crecimiento de vacunos aplicados a la reproducción de carne. INTA, 1-3. Obtenido de: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/85-crecimiento\\_produccion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/85-crecimiento_produccion.pdf)
- De Quelen, F., Brossard, L., Wilfart, A., Dourmad, J. Y., & Garcia-Launay, F. (2021). Eco-Friendly Feed Formulation and On-Farm Feed Production as Ways to Reduce the Environmental Impacts of Pig Production Without Consequences on Animal Performance. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.689012>
- Dunara, S. (2015). Nutrición y alimentación del ganado porcino. Madrid: Viteframa S.A.
- Dunga, D.V.; Roubík, H.; Ngoana, L.D.; Phunga, L.D.; Baa, N.X. (2019). Characterization of Smallholder Beef Cattle Production System in Central Vietnam—Revealing Performance, Trends, Constraints, and Future Development. *Trop. Anim. Sci. J.* 2019, 42, 253–260
- Echeverría Parrales, E. D. (2021). Comportamiento del cerdo en etapa de engorde alimentado con alternativas alimenticias en Joa-Jipijapa-Manabí (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
- El Diario. Manabí por Cantones cuarta edición /2011/ El Diario. (2012). Available

online: [https://issuu.com/eldiarioec/docs/pdf\\_jipijapa](https://issuu.com/eldiarioec/docs/pdf_jipijapa) (accessed on 13 April 2021).

Ekpo, J.; Idorenyin, M.S.; Metiabasi, U.; Grace Idiong, C. (2022), Meat Quality and Sensory Evaluation of Pork from Pig Fed Pro-Vitamin A Cassava Leaf Meal, Pumpkin Stem and Moringa Leaf Meal as Dietary Supplements. *J. Agric. Food Sci.*. 6(2): 10–23.

Escalona O,A; Díez C,C. (2003). Accesibilidad geográfica de la población rural a los servicios básicos de salud: estudio en la provincia de Teruel. *Ager. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, núm. 3, pp. 111-149. Centro de Estudios sobre la Despoblación y Desarrollo de Áreas Rurales Zaragoza, España.

Escobar, J. (2007). Caracterización y Sistemas de Producción de los Cerdos Criollos del Cantón Chambo. Bachelor's Thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, RioBamba, Ecuador, Available online: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1752/1/17T0804.pdf>

Escobar Rivera Juan. (2017). Caracterización y Sistemas de Producción de los Cerdos Criollos del Cantón Chambo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba – Ecuador.

Etecé, E. (2021). ¿Qué son los costos de producción? Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/costos-de-produccion/>

Fanchonea A., Alexandra, G., Chiab, E., Dimanc, J.L., Ozier-Lafontained, H., Angeona, V. (2020). A typology to understand the diversity of strategies of implementation of agroecological practices in the French West Indies *European Journal of Agronomy*, 117 126058

FAO. (1993). El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, (Colección: Alimentación y nutrición, N°25). ISBN 92-5-303013-5 Código FAO: 86 AGRIS: S01. <https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm#Contents>

FAO. (2011). Agro Noticias: Actualidad Agropecuaria de América Latina y el Caribe. FAO Quiere Mejorar la Producción Porcina en Ecuador. Available online: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508479/>

FAO. (2014). Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de Política; Salcedo, S., Guzmán, L., Eds.; FAO: Santiago, Chile,. Available online: <http://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf> (accessed on 13 April 2021).

FAO. (2014). Cerdos y la Producción Animal. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Producción y Sanidad Animal. Available online: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html> (accessed on 13 April 2021).

FAO. (2004). Manejo presacrificio y métodos de aturdimiento y de matanza.



Fuente FAO/OMS. <https://www.fao.org/3/y5454s/y5454s08.pdf>

FAO, 2014. Cerdos y producción animal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y de la Agricultura. Obtenido de: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>.

FAO. (2015). Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. El papel de los pequeños agricultores en la producción y el comercio sostenibles de los productos básicos. Junta de Comercio y Desarrollo 62º período de sesiones Ginebra, 14 a 25 de septiembre de 2015 Tema 6 del programa provisional.

FAO. (2017). Conceptualización, Caracterización y registro de la agricultura familiar. La experiencia de Panamá. Brandalise, Fátima; Martín Grillo, Rosana; Pinto, Luis A.; Edgar A. Serrano y Melina I. Sánchez. Available online: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/c90b1aa7-f532-4fed-a2eb-a004461bcd71>. (accessed on 13 August 2023).

FAO. (2019). Modelo de negocio de aprovechamiento energético de biogás en criaderos de cerdos. Colección Informes Técnicos N.º 5. Buenos Aires. ISBN 978-92-5-132015-0. <https://www.fao.org/3/ca7227es/CA7227ES.pdf>

FAO. (2019). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Progreso de la Lucha Contra la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos. Available online: <http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf> (accessed on 13 April 2021)

FAO. (2022). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura La Yuca. Available online: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s01.pdf> (accessed on 9 December 2022).

FAO. (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. MEAT MARKET REVIEW. Emerging trends and Outlook. Obtenido de: [https://www.3tres3.com/3tres3\\_common/art/3tres3/47445/fitxers/cb7886en.pdf](https://www.3tres3.com/3tres3_common/art/3tres3/47445/fitxers/cb7886en.pdf).

FAO. (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Revisión del mercado de la carne; Índices de Precios de La Carne de La FAO. Roma – Italia. Available online: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/es/> (accessed on 13 August 2023).

Felício. (2018). Quality of wild boar meat and commercial pork. *Sci. Agr.*, 60(1):1-5.

Fernández, J.A. (2016) Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology* 51:29-43

Fernández, A. (2008). Solving Non-Uniqueness in Agglomerative Hierarchical Clustering Using Multidendrograms. *J. Classif.*, 25, 43–65, doi:10.1007/s00357-008-90004-x.

- Figueiredo, A. V., Albuquerque, D. M., Lopes, J. B., Farias, L. A., Marques, C. M., & Carvalho Filho, D. (2012). Heno de follaje de yuca para cerdos en fase de finalización. <http://www.rbspa.ufba.br>
- Fitzsimons, C.; D, A, Kenny.; M, McGee. (2014). Visceral Organ Weights, Digestion and Carcass Characteristics of Beef Bulls Differing in Residual Feed Intake Offered a High Concentrate Diet. *Animal*. 8(6): 949–59.
- FONTAGRO. (2023). La producción de carnes en América Latina y el Caribe. Obtenido de: <https://www.fontagro.org/es/publicaciones/prensa/la-produccion-de-carnes-en-america-latina-y-el-caribe/>
- Forrest, J. C., Aberle, C., Hedrick, H. D., & Judge. (2017). *Fundamentos de la Ciencia de la carne*. Zaragoza España: Acribia. 226.
- Franco-Crespo, C.; Sumpsi Viñas, J.M. (2017). The impact of pricing policies on irrigation water for agro-food farms in Ecuador. *Sustainability*, 9, 1515.
- Gabriel Ortega, J.; Valverde, LA.; Indacochea G.B.; Castro, PC.; Vera, TM.; Alcívar, CJ.; Vera, VR. (2021). *Diseños experimentales: Teoría y Práctica Para Experimentos Agropecuarios*. 2nd ed. eds. Julio Gabriel Ortega and Alfredo Valverde Lucio. Jipijapa - Manabí - Ecuador: Grupo Compás. Available online: <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/625>
- Galián. M., B., Martínez, Peinado, C., y Periago. (2007). Estudio comparativo de las características de la canal y carne del cerdo Chato Murciano y su cruce con cerdo ibérico, criado en interior. *Anim. Sci.* , 78(6):659-667.
- Galián Jiménez, M. (2007). “Características de La Canal y Calidad de La Carne, Composición Mineral y Lipídica Del Cerdo Chato Murciano y Su Cruce Con Ibérico. Efecto Del Sistema de Manejo.” Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Gallo Eliana, Meneses Yeison, Valencia Carlos. (2014) Caracterización poblacional vista desde la perspectiva del desarrollo humano y el enfoque diferencial. *Revista Investigación y Desarrollo* vol. 22 N°2. ISSN Electrónico 2011-7574.
- Gamboa, J. A. A. (2015). Ganadería de traspatio en la vida familiar. *Ecofronteras*, 6-9. Obtenido de: <file:///C:/Users/User/Downloads/1578-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2148-1-10-20150612.pdf>
- Garay Montoya, K., Medrano Cevallos, A., & Naranjo Triviño, S. (2010). Proyecto de producción y comercialización de harina de zapallo enriquecida con quinua (Bachelor's thesis, ESPOL. FCSH.).
- García, D. (2016). Digestibilidad por el método del indicador en rumiantes. *Alimentación práctica del cerdo*, (pp. 18, 21, 27, 32, 236).
- García-Contreras, A.; de Loera Ortega, Y.; Yagüe, A.; Guevara González, J.; García Artiga, C. (2012), Alimentación práctica del cerdo. *Rev. Complut. Cienc. Vet.* 6, 21–50.

- García-Martínez, A.; Rivas-Rangel, J.; Rangel-Quintos, J.; Espinosa, J.A.; Barba, C.; De-Pablos-Heredero, C. A. (2016). Methodological Approach to Evaluate Livestock Innovations on Small-Scale Farms in Developing Countries. *Future Internet*, 8, 25, doi:10.3390/fi8020025.
- Garzón, V., Muñoz, H., & Martínez, A. (1997). ALIMENTACIÓN DE CERDOS CON PLATANO COMO FUENTE ENERGETICA. *La Libertad: CORPOICA*.
- Gibón, A., Sibbald, A.R., Flamant, J.C., Lhoste, P., Revilla, R., Rubino, R. and Sørensen J.T (1999) Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science* 61: 121–137
- Gil, M. D., Bañón, S., Laencina, J., & Garrido, M. D. (2014). Oxidación del colesterol en carne y derivados: Factores que determinan su formación. *An. Vet*, 20:21-34.
- Giraldo, A., Velasco, R. J., & Villada, H. S. (2008). Digestibilidad Aparente de una Harina Proveniente de Hojas de Yuca (*Manihot esculenta Crantz*). *Información Tecnológica*, 19(1), 11–18.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rio Chico. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2025 Parroquia rural RIOCHICO. <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-PARROQUIA-RIO-CHICO-2014-2025.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del cantón Quinindé. (2012). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Quinindé de la provincia de Esmeraldas 2012 -2021.
- Gobierno Provincial de Manabí. Cantón Jipijapa. (2019). Available online: <https://www.manabi.gob.ec/> (accessed on 13 April 2021).
- González, C.; Vecchionacce, H.; Díaz, I.; Ortiz, V. (1997). Utilización de harina cruda de raíz de yuca (*Manihot Esculenta C.*) y harina cruda de cormos de ocumo chino (*Colocasia esculenta*) en la alimentación de cerdos). *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5 (Supl. 1), 277–279.
- González, C. (2005). ALIMENTACIÓN ALTERNATIVA DE CERDOS EN VENEZUELA. <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/ALIMENTACION%20ALTERNATIVA%20DE%20CERDOS%20EN%20VENEZUELA.pdf>
- González-Torres, I.; González, P.; Cobas, N.; Barrio, J.C.; Vázquez, L.; Purriños, L.; Lorenzo, J.M. (2021). Efecto del sexo y de la alimentación líquida con patata sobre el perfil lipídico en carne de cerdo. *ITEA Inf. Tec. Econ. Agrar.* 2021, 117, 32–43
- Gómez Ana, Macías Rafaela. (2011). Caracterización Sociocultural de la Comunidad de Gastón en el Municipio de Majibacoa. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Editor: Juan Carlos M. Coll (CV) eumet.net ISSN: 1988-7833

- Gómez, S. (2015). Respuesta de un promotor de crecimiento en cerdos criollos en la fase de crecimiento. Quevedo: tesis de grado.
- Góngora, R.; Milán, M.J.; López-i-Gelats, F. (2019). Pathways of incorporation of young farmers into livestock farming. *Land Use Policy*, 85, 183–194
- Gordillo, Q.M. (2016). Impactos de la Producción Porcina en la Calidad Ambiental del Cantón las Lajas, Provincia de El Oro. Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Graziott, G., Ríos, R., & Basso. (2010). Las Fibras Musculares Esqueléticas y la Producción de Carne en el Cerdo. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-10.
- Guachamin, D. (2016). Evaluación de tres componentes alimenticios en la crianza de cerdo (*Sus scrofa domestica*) en crecimiento y engorde, Nanegal - Pichincha. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Guevara, R.V., Lascano, P.J, Arcos, C.N., Guevara, G.E., Torres, C.S., Narváez, J.A., Aguirre, J., Arcos, F.R., Beltrán, C.F., Soria M.E. Bravo M.X., Machuca D. and Guerrero, F.M. (2020) Caracterización físico-productiva y tipologías de sistemas lecheros diversificados en la sierra de Ecuador. *Arch. Zootec.* 69 (268): 418-423.
- Gutiérrez, F.; Guachamin, D.; Portilla, A. (2017). Valoración nutricional de tres alternativas alimenticias en el crecimiento y engorde de cerdos (*Sus scrofa domestica*) Nanegal-Pichincha. *LA GRANJA. Rev. Cienc. Vida*, 26, 142–154
- Hambrecht, E., & Eissen, J. J. (2011). Effects of various preslaughter handling treatments on the colour of different pork muscles. En proceedings de 50th ICoMST. Comunicación oral.
- Hamilton, W.; Bosworth, G.; Ruto, E. (2015). Entrepreneurial younger farmers and the “Young Farmer Problem” in England. *Agric. For.*, 61, 61–69
- Hasan, F.; Zandrato, D. P.; Hanafi, N. D.; Sadeli, A.; Daulay, A. H. (2020). The Utilization of Cassava By-Products as Complete Feed on Physical and Chemical Meat Quality of Weaning Male Crossbred Landrace Pigs. *J. Physics Con. Series*. Institute of Physics Publishing.
- Hernández Yeltsin, Rodríguez José. (2013). Caracterización del manejo zootécnico del cerdo criollo (*Sus scrofa domestica*) en el área rural del municipio de Río Blanco, Matagalpa, 2013. Universidad Nacional Agraria Facultad de Ciencia Animal. *Sistemas Integrales de Producción Animal*.
- Herrera, & Monar. (2006). Proyecto de inversión para una granja que se dedique al cuidado, crianza y comercialización del ganado porcino. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero comercial. *Revista del colegio de farmacéuticos del estado Mérida*, 2(13), pp. 4.
- Hinojosa, M. (2019). Los costos de producción. Obtenido de [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com): <https://www.gestiopolis.com/los-costos-de-produccion/>

- Hinostroza García, F.; Mendoza García, M.; Navarrete Párraga, M.; Muñoz Conforme, X. (2014). Cultivo de yuca en el Ecuador. Boletín. Divulg. 436. Available online: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5214/1/INIAPEEPbd436.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- Instituto de Promoción de exportaciones e inversiones “PRO ECUADOR.” Malanga, ventaja competitiva. (2022). Available online: <https://www.proecuador.gob.ec/ficha-de-malanga/> (accessed on 9 December 2022).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2013). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC-2013. Tablas y gráficos. Consultado el 06 de febrero del 2015. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias2/>
- Instituto Nacional tecnológico INATEC. (2016). Manual del protagonista - Nutrición animal. <https://docplayer.es/26246889-Manual-del-protagonista.html>
- INEC - ESPAC. (2018). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Obtenido el 24 de mayo de 2019 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Intagri. (2019). Sistemas de Producción Porcina. Serie Ganadería, Núm. 33. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/sistemas-de-produccion-porcina>.
- Itzá Ortiz, M. F. & Ciro Galeano, J. A., (2016). Parametros Productivos. BMEDITORES, 162-171. <https://bmeditores.mx/avicultura/parametros-productivos-importancia-en-produccion-avicola/>
- Jiménez, Á. P., Albarracín, M., & Estupiñán, S. (2017). Variabilidad genética del cerdo Congo Santandereano mediante marcadores microsatelite. Archivos de zootecnia, 66(256), 599-602. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49553571018.pdf>
- Jonsäll, A., Johansson, L., & Lundström. (2007). Sensory quality and cooking loss of ham muscle (M. biceps femoris) from pigs reared indoors and outdoors. 57:245-250.
- Justo del Rio Moreno. (1996) El cerdo. Historia de un elemento esencial de la cultura castellana en la conquista y colonización de América (siglo XVI). Universidad de Cádiz. <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es>. Tomo LIII.
- Kaensombath, Lampheuy, Maria Neil, and Jan Erik Lindberg. (2013). “Effect of Replacing Soybean Protein with Protein from Ensiled Stylo (*Stylosanthes Guianensis* (Aubl.) Sw. Var. *Guianensis*) on Growth Performance, Carcass Traits and Organ Weights of Exotic (Landrace × Yorkshire) and Native (Moo Lath) Lao Pigs.” *Tropical Animal Health and Production* 45(3): 865–71.
- Kaensombath, Lampheuy.; Lindberg, J.E. (2012). Effect of Replacing Soybean Protein by Taro Leaf [*Colocasia Esculenta* (L.) Schott] Protein on Growth

Performance of Exotic (Landrace × Yorkshire) and Native (Moo Lath) Lao Pigs. *Tro. Animal Heal. Prod.* 45(1): 45–51.

Kaensombath, Lampheuy. (2012). Taro Leaf and Stylo Forage as Protein Sources for Pigs in Laos Biomass Yield, Ensiling and Nutritive Value. Thesis. *Universitatis Agriculturae Sueciae*.

Katchova, A.; Ahearn, M. (2015). Dynamics of Farmland Ownership and Leasing: Implications for Young and Beginning Farmers 1. *Appl. Econ. Perspect. Policy*, 38, 334–350.

Kelly, D., & King, T. (2016). Digestive physiology and development pigs. The weaner pig, nutrition and Management, 179-206.

Knowles, M. M., Pabón, M. L., Carulla, J. E., & para correspondencia, A. (2012). Use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and other starchy non-conventional sources in ruminant feeding. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 488–499.

Kontogeorgos, A.; Michailidis, A.; Chatzitheodoridis, F.; Loizou, E. (2014). “New Farmers” a Crucial Parameter for the Greek Primary Sector: Assessments and Perceptions. *Procedia* 14, 333–341.

Lachmann, M., & Febres, O. A. (2000). La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. [https://www.researchgate.net/publication/230823665\\_La\\_estimacion\\_de\\_la\\_digestibilidad\\_en\\_ensayos\\_con\\_rumiantes](https://www.researchgate.net/publication/230823665_La_estimacion_de_la_digestibilidad_en_ensayos_con_rumiantes)

Lagos Acosta y Orlando Néstor, D.V. (2021). Respuesta Productiva del Cerdo de Engorde (*Sus scrofa*) Alimentado con Dietas Alternativas. Bachelor’s Thesis, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador, Available online: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2930/1/LAGOS%20DARWIN..TESIS%20BIBLIOGRAFICA.pdf> (accessed on 9 December 2022).

Lan, Ly Thi Thu.; Lam Thai hung1.; nguyen Thi anh Thu1.; huynh Tan Loc.; Juan Boo Liang.; nguyen ThieT.; nguyen Trong ngu. (2021). Effects of Substituting Taro (*Colocasia Esculenta*) Wastes Silage in Diets on Growth and Nutrient Digestibility in Pigs. *J. An. Heal. Prod.* 2021, 9(2): 112–18.

León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494-7507. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4981](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981)

Lezcano Perdigón, M., Antonio, D., José, S., Figueiredo, G., Navarro, V., & Isidoro, M. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 18(3), 41–48. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83732353004>

Linares, M. B. (2007). Factors that affect the quality of Manchega lamb meat. Relationship with animal welfare. Tesis doctoral. Universidad de Castilla-La

Mancha. España.

- Linares-Ibáñez, J.A.; Sciutto-Conde, E.; Trujillo Ortega, M.E.; Pérez-Rivero, J.J.; Martínez-Maya, J.J. (2011) Estructura etaria, comportamiento productivo y reproductivo de una población de cerdos criados en semiconfinamiento, en una comunidad rural del estado de Morelos, México. *Vet. Mex.* 2011, 42, 259–267
- Linares, V.; Linares, L.; Mendoza, G. (2011). Caracterización etnozootécnica y potencial carnicero de *Sus scrofa* “cerdo criollo” en Latinoamérica. *Sci. Agropecu.* 2, 97–110. [CrossRef]
- Lino Coello, A.F. (2020). Caracterización Bromatológica de Fuentes de Alimentación no Convencional Empleadas en la Producción de Cerdos. Bachelor's Thesis, UNESUM, Jipijapa, Ecuador, Available online: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2473/1/Tesis%20Andres%20Lino%20%202019%20%20lista%20EMPASTAR.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- López Aguilar Karla. (2016). Razas de cerdos y tipos de cruces. Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Paracentral Departamento de Ciencias Agronómicas. *Sistemas de Producción Animal*. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/ValentinechanLopez/razas-de-cerdos-y-tipos-de-cruces>.
- López, C., & Yépez, Á. (2009). Suplementación con yuca y follaje de yuca *Manihot esculenta* crantz en ganado doble pr antz en ganado doble propósito en época de v o en época de verano. Tesis. Universidad de La Salle, Bogota. Lorenzo Suárez Guerra, & Víctor Mederos Vega. (2011). Revisión bibliográfica APUNTES SOBRE EL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta Crantz*). *TENDENCIAS ACTUALES. Cultivos Tropicales*, 32(3), 27–35. [http://www.inca.edu.cu/otras\\_web/revista/EDICIONES.htm](http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/EDICIONES.htm)
- Lovera, B. (2018). Gestión para Pequeñas y Medianas Empresas Porcinas. Planificación Productiva. Bachelor's Thesis, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- Luque Murillo, B. G. (2015). " Caracterización morfo-estructural y faneróptica del cerdo negro criollo en la Provincia de Manabí" (Bachelor's thesis, Quevedo-Ecuador). Universidad Técnica de Quevedo. Obtenido de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4459/1/T-UTEQ-0056.pdf> FAO.
- Ly, J. (1998), Uso de raíces de Yuca para cerdos: Factores antinutricionales. *Rev. Comput. Prod. Porc.* 2, 82–91.
- Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. M., & Delgado, E. (2014). Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. influencia de la fuente de carbohidratos rectal. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21(3).

- Ly, J, R Almaguel, P Lezcano, and E Delgado. (2014). "Miel rica o maíz como fuente de energía para cerdos en crecimiento. interdependencia entre rasgos de comportamiento, digestibilidad rectal y órganos digestivos." *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 21(2): 66–69.
- Ly, J. (2020). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: composición y palatabilidad. Obtenido de razasporcinas.com: <https://razasporcinas.com/bananas-y-platanos-para-alimentar-cerdos-composicion-y-palatabilidad/>.
- Ly, J.; Almaguel, R.; Lezcano, P.; Delgado, E. (2014). "Miel rica o maíz como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Interdependencia entre rasgos de comportamiento, digestibilidad rectal y órganos digestivos." *Rev. Com. Prod.Porcina.* 21(2): 66–69.
- Macleán, W.C.; Harnly, J.M.; Chen, J.; Chevassus-Agnes, S.; Gilani, G.; Livesey, G.; Mathioudakis, B.; Muñoz De Chavez, M.; Devasconcellos, M.T.; Warwick, P. (2003). Food energy: Methods of analysis and conversion factors. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations Technical Workshop Report; The Food and Agriculture Organization: Rome, Italy, Volume 77*, pp. 8–9.
- Madrigal Ambriz Laura, Hernández Madrigal Julia, Carranco Jáuregui María, Calvo Carrillo María de la Concepción, & Casas Rosado Rosa. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" *Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(2).
- Mader, C. J. Montanholi YR, Wang YJ, Miller SP, Mandell IB, McBride BW, Swanson KC. (2009). "Relationships among Measures of Growth Performance and Efficiency with Carcass Traits, Visceral Organ Mass, and Pancreatic Digestive Enzymes in Feedlot Cattle." *Journal of Animal Science* 87(4): 1548–57.
- Madry, W.; Mena, Y.; Roszkowska-Madra, B.; Gozdowski, D.; Hryniewski, R.; Castel, J.M. (2013), An overview of farming system typology methodologies and its use in the study of pasture-based farming system: A review. *Span. J. Agric. Res.* 11, 316.[CrossRef]
- MAGAP. (2016). La Política Agropecuaria Ecuatoriana: Hacia el Desarrollo Territorial Rural Sostenible: 2015–2025; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca: Quito, Ecuador, Available online: <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/05/01PPP2016-POLITICA01.pdf> (accessed on 13 April 2021).
- Maltin, C. Delday, M, Tilley, R, y Balcerzak, D. (2013). Determinantes de la calidad de la carne *Proc. Nutr. Soc.*, 62:337-347.
- Mamani, L., Cayo, F., & Gallo, C. (2014). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama. *Investig. Vet. Perú*, 25(2):123-150.



- Manjarrez, B.; Arteaga, C.; Robles, A.; Avila, E.; Shimada, A. (1974). Valor nutritivo de una combinación de harina de yuca (*Manihot esculenta*) con puliduras de arroz, como sustituto de maíz en la alimentación de pollos y cerdos. *Tile. Pec. Uex.*, 25, 58–63.
- Manríquez. (2014). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos. *Nutrición animal*, (p. 20).
- Martínez, J. (2013). Estudio y comercialización de la malanga. Tesis. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- Martínez, V.L. (2013). Agricultura Familiar en El Ecuador. Serie Documentos de Trabajo N°147. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. Rimisp, Santiago, Chile. [http://portalsiget.net/ArchivosSIGET/recursos/Archivos/1682015\\_Agricultura FamiliarE.pdf](http://portalsiget.net/ArchivosSIGET/recursos/Archivos/1682015_AgriculturaFamiliarE.pdf)
- Martínez, G.D. (2017). Relaciones y Tensiones entre lo Urbano y lo Rural. Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador–CONGOPE. Available online: <http://www.congope.gob.ec/?publicacion=relaciones-y-tensiones-entre-lo-urbano-y-lorural> (accessed on 13 April 2021)
- Maynard, D., & Loosli. (2017). *Nutrición animal*. McGraw Hill, (pp. 23, 27, 144, 257).
- Medel, P., Latorre, M., & Mateos, G. (2011). *Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente*. Madrid, España: 145-196.
- Mena-Vásquez, P.; Boelens, R.; (2016). Vos, J. Food or flowers? Contested transformations of community food security and water use priorities under new legal and market regimes in Ecuador's highlands. *J. Rural. Stud.*, 44, 227–238, doi:10.1016/j.jrurstud.2016.02.011.
- Méndez, M.S.; Otiniano, A.J.; Ventura, R.B.; Hidalgo, O.T. (2014). Caracterización de fincas Cafetaleras en la localidad de Jipijapa. (MANABÍ, ECUADOR). *Ecol.* 187–192.
- Mendoza Unda Irina, & García Osorio Nelson. (2021). La competitividad de las exportaciones de malanga ecuatoriana en el periodo 2015 - 2019 [Tesis, Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24769/1/T-ESPE-044524.pdf>
- Micklander, E., Bertram, H., Mamo, H., & Sovad, L. (2015). Early post-mortem discrimination of water holding capacity in pig longissimus muscle using new ultrasound method. *Food Sci. Technol.* , 38(6):437-446.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca MAGAP. (2010). Encuesta Nacional Sanitaria de Granjas de Ganado Porcino. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro AGROCALIDAD y la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE).
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca MAGAP. (2016). La política

agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025 II Parte. Especialización productiva ecuatoriana: contrastes y diferencias territoriales según zonas de planificación y agendas de política por zona. ISBN: 978-9942-22-019-6.

Morales, F. A. (2014). La yuca como alternativa en la alimentación de cerdos en etapa de ceba. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del medio ambiente Programa Tecnología en Producción Animal Yosani Casanare. Dilas, M. L. (2015). Efecto del selenio orgánico sobre las propiedades tecnológicas y la estabilidad oxidativa de la carne del cerdo en oxidación. Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.

Mota, D., Alarcón, A., Vásquez, G., & Guerrero, I. (2010). Músculo oscuro, firme y seco en bovinos: mecanismos involucrados. En: Bienestar Animal y Calidad de la Carne. México: (Eds) Mota-Rojas, D., Guerrero Legarreta, I. y Trujillo Ortega, M.E. Editorial BM 271-285.

Muñoz-Ron Paola, I., Elizabeth, S., Ii, S.-C., Fabricio, A., Iii, L.-P., & Poma Iv, J. (2020). Diagnosis of the production, commercialization, and consumption of pig products in Sachas, Orellana Diagnóstico da produção, comercialização e consumo de produtos suínos no cantão de Sacha, Orellana. Polo Del Conocimiento, 4, 1–10.

Mwenda, M J., Odiwuor, R T., Kigunzu, K., (2014). Evaluation of pig production practices, constraints and opportunities for improvement in smallholder production systems in Kenya. Trop Anim Health Prod (2015) 47:369–376.

Nario Lazo, M. J. (2017). Caracterización de la crianza porcina de traspatio en el distrito de San Antonio-Huarochiri. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1422>

Nath, BG., Pathak, PK., Ngachan, SV., Tripathi AK., Mohanty, AK., (2013). Characterization of smallholder pig production system: productive and reproductive performances of local and crossbred pigs in Sikkim Himalayan region. Trop Anim Health Prod 45: 1513–1518

Negreyeva, Anna Nikolaevna, Vadim Anatolyevich Babushkin, and Aleksandr Chermenovich Gagloyev. (2018). "The influence of nontraditional feed in the fattening pig's diet on meat quality." International Journal of Pharmaceutical Research 10(4): 706–14.

Nieto, R.; Lara L.; García1, M. A.; Vílchez, M. A.; Aguilera1 J. F. (2003). "Effects of Dietary Protein Content and Food Intake on Carcass Characteristics and Organ Weights of Growing Iberian Pigs." Animal Science 77(1): 47–56.

Notter, D. R. F., R., Kelly, y Berry, B. W. (2019). Efectos de la raza y el sistema de manejo de ovejas sobre la eficiencia de la producción de corderos: Características de la carne. Journal Animal Science. , 69: 3523-3532.

Núñez-Domínguez, R.; Ramírez-Valverde, R.; Saavedra-Jiménez, L.A.; García-Muñiz, J.G. (2016). La adaptabilidad de los recursos. zoogenéticos Criollos,

- base para enfrentar los desafíos de la producción animal. Arch. Zootec., 65, 461–468.
- Nürnberg, K., Ender, K. y Wegner, J., (2018). Factores que influyen en la composición de la grasa en el tejido muscular y adiposo de los animales de granja. Livest. Prod. Sci, 56:145-156.
- Olguín S., G y Alcaino., Y., E. (2006). Caracterización de los Sistemas Productivos Agrícolas de la Comuna de Río Hurtado. 40 p. Boletín INIA N° 144 Instituto de investigaciones Agropecuarias. La Serena, Chile.
- Olmedo, W. J., Toalombo, P. A., Flores, L. G., Bermejo, J. V. D., González, F. N., & Duchi, N. A. (2021). Caracterización morfológica del cerdo criollo Pillareño del cantón Guamote de Ecuador. Archivos de zootecnia, 70(270), 160-170.
- Osorio-Carmona, E.; Giraldo-Carmona, J.; Narváez-Solarte, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. Rev. Vet. Zootec. 6, 87–97.
- Oña Caiza, F. M. (2017). Estudio del efecto de la incorporación de partículas provenientes de los residuos de tagua (*Phytelephas aequatorialis macrocarpa*) a una matriz de poliestireno (Bachelor's thesis, Quito, 2017.).
- Ortega Aguaza, B. (2012). Análisis coste-beneficio. Extoikos, 5, 147–149
- Ortiz, W. B., & Sánchez, M. D. (2001). Aspectos generales de la producción porcina tradicional. Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción. Roma: FAO, 1-12.
- Padilla, M. (2019). Utilización del banano de rechazo en la alimentación de cerdos. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0253.PDF> pág 87-89
- Paixão, G.; Esteves, A.; Payan-Carreira, R. (2018). Characterization of a non-industrial pig production system: The case of Bísaro breed. R. Bras. Zootec. 2018, 47, e20170331, doi:10.1590/rbz4720170331.
- Paramio, T.; Manteca, X.; Milan, J.; Piedrafita, J.; Izquierdo, D.; Gasa, J.; Mateu, E.; Pares, R. (2012). Manejo y Producción de Porcino. Manual Porcino final. Departamento de Ciencia Animal y de alimentos. Facultad de Veterinaria. UAB. Barcelona, España. Available online: <http://llojtjadevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf> (accessed on 13 April 2021).
- Pardo Domínguez, Z. (2022). Efectos fisiológicos y productivos del estrés por calor en el cerdo ibérico y posibles estrategias nutri-cionales para mitigarlo. Bachelor's Thesis. University of Granada, Spain.
- Paredes, Arana M.; Fernández L.V.; Guerra, J.M. (2017). Efecto Del Tipo de Alimentación Sobre El Comportamiento Productivo, Características de La Canal y Calidad de Carne Del Cerdo Criollo Negro Cajamarquino. Rev. Inv. Vet. 28(4): 894–903.

- Parra, F.; Díaz, I.; González, C.; Hurtado, E.; Garbati, S.; Vecchionacce, H. (2002). Efecto de tres tipos de presentación de alimento preparado con raíz y follaje de yuca (*manihot esculenta crantz*) sobre la digestibilidad aparente en cerdos. *Rev. Cient. Fac. Cienc.* 2, 471.
- Paul, B.K.; Butterbach-Bahl, K.; Notenbaert, A.; Nderi, A.; Ericksen, P. (2021). Sustainable livestock development in low and middle income countries: Shedding light on evidence-based solutions. *Environ. Res. Lett.* 011001. [CrossRef]
- Paulino, J. (2016). Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización: 1– introducción. El Sitio Porcino. Obtenido de: <http://www.elsitioporcino.com/articulos/2683/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizacian-1-introduccion/>
- PDOT La América. (2015). Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural “LA AMÉRICA”. Diagnostico participativo. <https://docplayer.es/13212093-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-de-la-parroquia-la-america.htm>
- Pérez RN., Hernández SN., Suarez SM., (2010). Caracterización de los Convenios porcinos de ceba en el Municipio Baraguá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Ciego de Ávila.
- Peter G.G. & Peter C. (2009). Manual de Medicina Porcina. Buenos Aires: Inter-Médica, 2009. 978-950-555-363-1.
- Perdigón, P.L.; Berto, D.A.; Bicudo, S.J.; Curcelli, F.; Figueiredo, P.G.; Navarro, M.I.V. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Av. Investig. Agropecu.* 18, 41–48.
- Pico Domínguez, O.D; Valverde Lucio A. (2021). Digestibilidad Aparente de Nutrientes en Cerdos de Engorde Alimentados con Dietas Alimenticias Alternativas. Bachelor's Thesis, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador, 2021. Available online: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3373/1/Pico%20Dominguez%20Omar.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- Phoneyaphon, V.; Preston, T.R. (2016). Protein-enriched cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root as replacement for ensiled taro (*Colocasia esculenta*) foliage as source of protein for growing Moo Lat pigs fed ensiled cassava root as basal diet. *Livest. Res. Rural Dev.*, 28.
- Piroca, Lucas. (2017). Sanidad intestinal en cerdos. *Revista Engormix*. Obtenido de: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/sanidad-intestinal-cerdos-t41127.htm>
- Pluske, J. (2017). Nutrition of the neonatal pig. . CAB International, 187-235.
- Púa L. Amparo, Barreto, G. E., Zuleta, J. L., & Herrera, O. D. (2019). Nutrient analysis of taro root (*Colocasia esculenta* Schott) in the dry tropics of Colombia. *Informacion Tecnologica*, 30(4), 69–76.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400069>

- ProChile., (2013). Estudio de Canal de Distribución Carne de Cerdo en Ecuador. Oficina Comercial de Chile en Guayaquil. [https://www.prochile.gob.cl/wp-content/files\\_mf/1384531955Ecuador\\_Canal\\_Cerdo\\_2013.pdf](https://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/1384531955Ecuador_Canal_Cerdo_2013.pdf)
- Procel Parra, C. (2019). Estudio del Cerdo Local Ecuatoriano, Importancia Gastronómica y Cultural. Bachelor's Thesis, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito, Ecuador, Available online: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8670/1/144550.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- Posada Sandra; Mejía Jaime A; Ricardo Noguera<sup>1</sup>; M Cuan Margarita; M Murillo Lina. (2006) Evaluación productiva y análisis microeconómico del maní forrajero perenne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuaria* Vol. 19:3.
- Quiñónez, R., González, C., Polanco, D., Perdomo, B., & Araque, H. (2007). Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química. *Zootecnia Tropical*, 25(1), 43-49.
- Ramírez Sofía. (2017). La producción porcina del país está a la baja. *Revista Líderes*. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-porcina-pais-estadisticas-baja.html>.
- Ramírez-Rivera, J.; Juárez-Barrientos, J.M.; Herrera-Torres, E.; Navarro-Cortez, R.O.; Hernández-Santos, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Cienc. Mar.* 15, 37–47.
- Rangel, J.; Espinosa, J.A.; de Pablos-Heredero, C.; Angón, E.; García-Martínez, A. (2017), Is the increase of scale in the tropics a pathway to smallholders? Dimension and ecological zone effect on the mixed crop-livestock farms. *Span. J. Agric. Res.* 15, e0109, doi:10.5424/sjar/2017152-9561.
- Rauw, W.M.; Rydhmer, L.; Kyriazakis, I.; Øverland, M.; Gilbert, H.; Dekkers, J.C.; Hermes, S.; Bouquet, A.; Gomez Izquierdo, E.; Louveau, E. (2020). Prospects for sustainability of pig production in relation to climate change and novel feed resources. *J. Sci. Food Agric.* 100, 3575–3586
- Reis de Souza Tercia Cesaria et al. (2012). "Cambios Nutricionales En El Lechon y Morfometria Tgi En Cerdos, 2012." *Veterinaria México* 43(2): 155–70.
- Reyes, G. (2017). Determinación de parámetros productivos y económicos en cerdos castrados e inmunocastrados. El Salvador: tesis de grado Universidad de El Salvador.
- Ricaurte, F. A. (2014). La yuca como alternativa en la alimentación de cerdos en la etapa de ceba Granja los Laureles Vereda Tacarimena Municipio el Yopal Casanare. Yopal - Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA.

- Riera, M.A.; Maldonado, S.; Palma, R.R. (2018). Agro-industrial residues generated in Ecuador for the elaboration of bioplastics. *Rev. Ing. Ind.* 17, 227–247
- Roca-Pérez, L.; Tapia, D.L.; Cadena, J.V.A.; Hernández, R.B. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. *AXIOMA* 16, 84–95.
- Rodero, A., J.V. Delgado and E. Rodero. (1992). Primitive andalusian livestock and their implication in the discovery of América. *Arch. Zootec.(extra)*: 383-400
- Rodríguez, G.Z.; Mármol, C.L.; Martínez, J.; Montiel, M. (2009). Acumulación total y por órganos de macronutrientes en plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. 'Tempranita' en la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.* 26(4), 1–10.
- Rodríguez-Miranda, J., Manuel Juárez-Barrientos, J., & Herrera-Torres, E. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga POTENTIAL ANTIOXIDANT AND ANTIHYPERTENSIVE USE OF BIOACTIVE PEPTIDES OBTAINED FROM PROTEIN HYDROLYSATES OF CHACHAFRUIT (*Erythrina edulis*) WITH ULTRASOUND PRETREATMENT View project Effect of the extrusion process on macromolecules (interaction). View project. <https://www.researchgate.net/publication/246044468>
- Romero De Armas, R., Euster; Acosta, A., & Muni, J. A. (2017). Afrecho de yuca como sustituto parcial del maíz en la alimentación de cerdos de engorde. *La Téc. Rev. Agrocienc. Producción y Salud Animal*, 54–61.
- Romo-Valdez, J.; Silva-Hidalgo, G.; Gaxiola, H. R. G.; Valdez, A. R.; Romo-Rubio, J. (2022). Estrés por calor: influencia sobre la fisiología, comportamiento productivo y reproductivo del cerdo. *Abanico veterinario*, 2022, 12(1), 29.
- Ruenes, N.P.; Sosa, N.H.; Sarmiento, M.S.(2013). Caracterización de los Convenios porcinos de ceba en el Municipio Baraguá. *Rev. Caribeña Cienc. Soc.* 2013, 5, 1–12
- Rus. (2020). Costo de producción. Obtenido de [economipedia.com](https://economipedia.com/definiciones/costo-de-produccion.html): <https://economipedia.com/definiciones/costo-de-produccion.html>
- Rybarczyk, A.; Bogusławska-Was, E.; Dłubała, A. Effect of Bioplus Yc. (2021). Probiotic Supplementation on Gut Microbiota, Production Performance, Carcass and Meat Quality of Pigs. *Animals*. 11(6), 1581.
- Saavedra, A., García, A., Górriz, M., Ortega, Y., Yague, A., Bauza, R., & Pascual y. (2012). Manejo de alimentación y agua. En *Manual de Buenas Prácticas de producción Porcina* (págs. 42-54).
- Sagaró-Zamora, F.; Ferrer-Hernández, E. (2021). Alimentación Para Cerdos de Ceba En Condiciones Locales de Agricultura Familiar. *Ciencia en su PC*. 1(4): 22–35.

- SHAH. (2016). Informe Nacional del Ecuador. In Proceedings of the Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible Hábitat III. Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, Quito, Ecuador, 17–20. October 2016. Available online: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/National-Report-Ecuador-spanish.pdf> (accessed on 13 April 2021).
- Samaniego. (2017). Diagnóstico de la producción porcina en el cantón Loja, provincia de Loja. Loja, Ecuador: UTPL.
- San Miguel. (2013). Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado. Obtenido de://APUNTES\_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/
- Sánchez Manuel. (2011). TEMA 40.- Producción porcina. - El sector porcino a nivel mundial, de la Unión Europea y en España. - Censos y producciones. Producción Animal e Higiene Veterinaria (Grupo A). Obtenido de: [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/11\\_13\\_48\\_tema\\_40.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/11_13_48_tema_40.pdf)
- Sánchez, G.A.V.; Morejón, B.A.V.; Solórzano, S.S.S. (2018). Oportunidad de Mercado Internacional: Caso Malanga (Xanthosoma)-provincia de Orellana. In Conference Proceedings UTMACH; Universidad Técnica de Machala: Machala, Ecuador, Volumen 2. Available online: <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/329> (accessed on 9 December 2022).
- Sánchez, E., Navarro, C., Sayas, M., Sendra, E., & Fernández, J. (2010). Efecto de las condiciones ante-mortem y post-mortem sobre los factores que determinan la calidad de la carne. En: Bienestar animal y calidad de la carne. Mexico: BM Editores.
- Sánchez Janeth, Willian Caicedo, Erik Aragón, Marco Andino, Franklin Bosques, Viamonte Maria Isabel, & Ramírez de la ribera. (2018). La inclusión de la Colocasia esculenta (papa china) en la alimentación de cerdos en ceba. Revista Electrónica de Veterinaria, 19(4), 1–6.
- Sañudo, C., & Sierra, I. (2018). Investigaciones sobre la importancia de la calidad de la carne de cerdo cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. An. Fac. Vet. Zaragoza, 16-17, 285-295.
- Santistevan M.M., Julca O. A., Borjas V. R., Tuesta H. O. (2014). Caracterización de fincas Cafetaleras en la localidad de Jipijapa (MANABÍ, ECUADOR). Ecología Aplicada, 13 (2). Depósito legal 2002-5474. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. ISSN 1726-2216
- Sanz, J. G., Peris, C., & Torres, A. (1994). Productividad de las explotaciones porcinas en sistemas intensivos. Madrid: Generalitat Valenciana.
- Schinckel A.P.; De Lange C.F.M. (1996). Characterization of Growth Parameters Needed as Inputs for Pig Growth Models. Journal of Animal Sci. 74(8), 2021-

2036.

- Schreurs, N. M., García, F., Jurie, C., Agabriel, J., Micol, D., & Bauchart, D. (2008). Meta-analysis of the Effect of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. *Journal of Animal Science.*, 86: 2872-2887.
- Segarra Zenteno, E.; Salinas Cueva, L.; López Crespo G. (2018). Calidad de La Canal de Cerdos En La Industria Porcina de Ecuador (Artículo de Revisión). *Rev. Ecu.Cien. Animal.* 2(2): 118–32.
- Seidman, S. C., Cross, R. R., Oltjen, R. R., & Schanbacher, B. D. (2016). Utilization of the intact male for red meat production: *Journal of Animal Science.*, 55: 826-840.
- SEMPLEDES. (2014). Estrategia para la Igualdad y Erradicación de la Pobreza Quito: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/Estrategia-Nacional-para-la-Igualdad-y-Eradicaci%C3%B3n-de-la-Pobreza-Libro.pdf>
- SESA. (2008). “La porcicultura en el Ecuador”. [En línea]. Obtenido de: [www.sesa.gov.ec/proyecto/ppc.htm](http://www.sesa.gov.ec/proyecto/ppc.htm).
- Severe, R.; Vera, M.B. (2014), Caracterización de la agricultura familiar campesina, comuna de Cayes-Jacmel, Haití. *IDESIA Chile.* 32, 65–74, doi:10.4067/S0718-34292014000300009.
- Shimada. (2015). *Nutrición Animal*. Trillas: segunda edición. pp. 85-87.
- Sierra. (2010). Proceso del sacrificio de acuerdo a los parámetros indicativos de calidad en carne. Tesis Doctoral. Departamento de Morfología y Biología celular.
- SINAGAP (2015) Sistema de Información del Agro, información estadística del agro ecuatoriano, boletines temáticos nacionales y por zona, mercados mayoristas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Solís, A.; Lanari, M.R.; Oyarzabal, M.I. (2020). Tipificación integral de sistemas caprinos de la provincia de Santa Elena, Ecuador. Integral typification of goat systems of Santa Elena province, Ecuador. *Granja Rev. Cienc. Vida* 2020, 31, 82–95.
- Souza, Tércia Cesária Reis de, Mariscal Landín, Gerardo, Escobar García, Konisgmar, Aguilera Barreyro, Araceli, & Magné Barrónt, Aline. (2012). Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Veterinaria México*, 43(2), 155-173.
- Sporchia, F., Kebreab, E., & Caro, D. (2021). Assessing the multiple resource use associated with pig feed consumption in the European Union. *Science of the Total Environment*, 759. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144306>



- SHAH. (2015). Informe Nacional del Ecuador. Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la vivienda y el desarrollo urbano sostenible hábitat III. Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos. Quito. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/National-Report-Ecuador-spanish.pdf>
- Suárez Guerra, L.; Mederos Vega, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (manihot esculenta crantz). Tendencias actuales. Cult. Trop. 32, 27–35. [http://www.inca.edu.cu/otras\\_web/revista/EDICIONES.htm](http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/EDICIONES.htm).
- Sundrum, A., & Henning y Butfering, L. (2012). Efectos de las dietas en la granja para la producción porcina orgánica sobre el rendimiento y la calidad de la canal. 78(5):1199-1205.
- Taysayavong, L.; Lindberg, J.E.; Ivarsson, E. (2018). Digestibility, nitrogen retention, gut environment and visceral organ size in Moo Lath and Large White growing pigs fed un-fermented and fermented cassava root pulp and soybean pulp. Livest. Res. Rural. Dev. 30.
- Tituana, J. R. A., Guevara, M., & Rivero, E. G. M. (2022). Caracterización Morfológica y Faneroptica del Cerdo Criollo en la Provincia de Loja. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 7(1), 44. DOI: 10.23857/pc.v7i1.3558
- Tomassi Alejandra. (2014). Importancia social, económica y ambiental del sector porcino. Obtenido de: <http://youna.es/importancia-social-economica-ambiental-del-sector-porcino/>
- Tomažin, U.; Batorek-Lukač, N.; Škrlep, M.; Prevolnik-Povše, M.; Čandek-Potokar, M. (2019). Meat and Fat Quality of Krškopolje Pigs Reared in Conventional and Organic Production Systems. Animal., 13(5): 1103–10.
- Toro Mujica, P., García, A. Gómez-Castro, A., Perea, J., Rodríguez-Estévez, V., Angón, E., Barba, C. (2011). Organic dairy sheep farms in south-central Spain: Typologies according to livestock management and economic variables. Small Ruminant Research. 104: 28-36. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.11.005
- Torres Peñafiel, Natali; Fierro López, Pablo Enrique; Alonso Alemán, Alodia. (2017). Balance de la economía popular y solidaria en Ecuador. Economía y Desarrollo, vol. 158, núm. 1, enero-junio, 2017, pp. 180-196. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba
- Touraille, C., & Girard, J. P. (2015). Influencia del sexo y la edad en el momento del sacrificio en las cualidades organolépticas de la carne de bovino. Bull Tech. CRZV Theix, 48: 83-89.
- Tous, N., Esteve, E., & Lizardo, R. (2012). 3tres3.com. Obtenido de Nutrición y grasa intramuscular: Efecto del ácido linoleico conjugado y la vitamina A: [https://www.3tres3.com/latam/articulos/nutricion-y-grasa-intramuscular-efecto-del-cla-y-la-vitamina-a\\_11189/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/nutricion-y-grasa-intramuscular-efecto-del-cla-y-la-vitamina-a_11189/)
- 3tres3.com. (2021). Evolución de la porcicultura en Latinoamérica entre 2010 y

2020. Comunidad Profesional Porcina. Obtenido de: [https://www.3tres3.com/articulos/evolucion-de-la-porcicultura-en-latinoamerica-entre-2010-y-2020\\_47020/](https://www.3tres3.com/articulos/evolucion-de-la-porcicultura-en-latinoamerica-entre-2010-y-2020_47020/)
- Ucañan, R. (2020). Relación Beneficio Costo (B/C): ejemplo en excel. Obtenido de [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com): <https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/>
- UNICEF. (2018). Desnutrición Crónica Infantil. Uno de los mayores problemas de salud pública en Ecuador. Obtenido de: <https://www.unicef.org/ecuador/sites/unicef.org.ecuador/files/2021-03/Desnutricion-Cronica-Infantil.pdf>
- Valencia Herrería Yadira, & Juan Carlos de la Vega. (2020). Efecto del proceso de deshidratación sobre el contenido de oxalato de calcio y las propiedades fisicoquímicas de dos variedades de papa china Colocasia esculenta y Xanthosoma sagittifolium. Universidad Técnica Del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10455/2/03%20EIA%20504%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Valencia, O. K. (2012). Evaluación de tres sistemas de alimentación en cerdos mestizos en la etapa de recría para las comunidades Shaushi y la calera del Cantón Quero (Tunguragua). Repositorio. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Valero. (2009). Guía nutricional de la carne. Obtenido de <http://www.fedecarne.es/ficheros/swf/pdf/guiaNutricion.pdf>
- Valverde Lucio, A., Echeverría Parrales, E. D., Fuentes Figueroa, T., Orlando Indacochea, N., & del Valle Holguin, W. (2022). Los alimentos alternativos en la cría de cerdos traspatio en la comuna joa del cantón jipijapa: los alimentos alternativos en la cría de cerdos traspatio. UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166, 6(2), 73-86. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.629>
- Valverde Lucio, A.; González-Martínez, A.; Cobeña, J.L.A.; Rodero Serrano, E. (2021). Characterization and typology of backyard small pig farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals*, 11, 1728.
- Valverde Lucio, A.; Gonzalez-Martínez, A.; Rodero Serrano, E. (2023). Utilization of Cooked Cassava and Taro as Alternative Feed in Enhancing Pig Production in Ecuadorian Backyard System. *Animals*, 13, 356. <https://doi.org/10.3390/ani13030356>
- Vanhnasin Phoneyaphon, & TR Preston. (2016). Raíz de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) enriquecida con proteína como reemplazo del follaje de taro (*Colocasia esculenta*) ensilado como fuente de proteína para cerdos Moo Lat en crecimiento alimentados con raíz de yuca ensilada como dieta basal. *Investigación Pecuaria Para El Desarrollo Rural*, 28(10).
- Varela Muñoz, J. G., & Zambrano Zambrano, T. E. (2016). Evaluación química y

- bromatológica de las dosis de *Lactobacillus plantarum* en la producción de ensilajes de zapallo (cucurbita máxima) y yuca (*Manihot esculenta*). Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM.
- Vargas Aguilar, P.; Hernández Villalobos, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: Propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnol. Marcha* 2013, 26, 37–45
- Varga, V., & Csokona, E. (2012). Fatty acid composition and behavior of the fat of pig of various genotypes. . *Acta Agraria Kaposváriensis*, , 6(2):107-113.
- Vargas J. C., Velázquez F. J., Galíndez R., Pérez Pineda E. (2015). Estructura y relaciones genéticas del cerdo criollo de Ecuador. *REDVET-Revista electrónica de Veterinaria-* ISSN 1695-7504. Volumen 16 N°7- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070715.html>
- Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W., & Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico *Musa acuminata* en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57-66.
- Vega, P. A. (2012). Estudio de la malanga blanca y propuesta gastronómica de autor. Repositorio. Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
- Vélez, E. A. (2016). Estudio del sistema de alimentación en cerdos de ceba y su incidencia en los costos de producción en la granja agropecuaria Caicedo de la parroquia Tarquí, cantón y provincia de Pastaza. *Ambato - Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica*.
- Vera Chávez, O. O., & Intriago Hidalgo, J. G. (2021). Inclusión de harina de tagua (*Phytelphas aequatorialis*) en dietas de gallinas Hy-Line sobre parámetros productivos en la fase de postura (Master's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Warris, P. (2019). *Meat Science. An introductory text*. Londres-Inglaterra. : CABI Publishing, 310. .
- Yapura, Santiago. (2021). Importancia del Maíz en la Producción Animal. *Veterinaria Digital*. Available online: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-del-maiz-en-la-produccion-animal/> (accessed on 9 December 2022).
- Zimmerman, M. (2008). Factores que afectan la calidad de la carne pH. Métodos importantes para obtener carne porcina de calidad en el cono sur americano. *Meat Sci*, 79(3):453-457.

## **ANEXO**

---



**ENCUESTA SOCIO - PRODUCTIVA DIRIGIDA A PRODUCTORES PORCINOS  
TRAS PATIO DE LA PARROQUIA EL ANEGADO**

**PROYECTO DE TESIS DOCTORAL:** PRODUCCION Y CALIDAD DE LA CANAL DEL CERDO CON DIETAS ALTERNATIVAS LOCALES DE PEQUEÑAS UNIDADES RURALES. PARROQUIA EL ANEGADO. ECUADOR.

**Objetivo.-** Caracterizar los aspectos socio - productivas en pequeñas unidades rurales de los productores porcinos de la Parroquia El Anegado.

**ASPECTOS SOCIO ORGANIZATIVAS DE LAS FAMILIAS PRODUCTORAS DE CERDOS EN TRASPATIO EN LA PARROQUIA ANEGADO.**

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

Comunidad \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

**A. Aspectos sociales**

1. Tiempo ejerciendo la actividad (años):

2. Edad: \_\_\_\_\_

3. Sexo: Hombre \_\_\_\_\_ Mujer \_\_\_\_\_

4. Tiempo diario en la actividad:

5. Labor familiar: Esposa \_\_\_\_\_ Hijos \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_ Nadie \_\_\_\_\_

6. Escolaridad: Sexto Grado \_\_\_\_\_ Noveno Grado \_\_\_\_\_ Doce Grado \_\_\_\_\_ Técnico Medio \_\_\_\_\_ Universitario \_\_\_\_\_ Obrero Calificado \_\_\_\_\_ Ninguno \_\_\_\_\_

7. Profesión: \_\_\_\_\_

8. Servicios básicos con los que cuenta: Agua \_\_\_\_\_ Luz \_\_\_\_\_ Alcantarillado \_\_\_\_\_ Internet \_\_\_\_\_

9. Fuentes de agua: Pozos \_\_\_\_\_ Ríos \_\_\_\_\_ potable \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

10. Destino de los residuales: Alcantarillado \_\_\_\_\_ Recogida por comunales \_\_\_\_\_ Vertida en solares \_\_\_\_\_ Consumida por otros animales \_\_\_\_\_ Fosa \_\_\_\_\_ Laguna de Oxidación \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

11. Enfermedades más frecuentes: Parasitismo \_\_\_\_\_ Respiratorias \_\_\_\_\_ Diarreicas \_\_\_\_\_ Intoxicaciones \_\_\_\_\_ Otras \_\_\_\_\_

12. Medicamentos más utilizados: Antiparasitarios \_\_\_\_\_ Antibióticos \_\_\_\_\_ Medicina natural \_\_\_\_\_ Ninguno \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

**B. Aspectos organizativos**

13. Pertenece a alguna asociación: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Cual \_\_\_\_\_

14.- Ha sido parte de un proceso de producción asociativa: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
Cuando \_\_\_\_\_

15.- Sistemas de producción: Intensivo\_\_\_\_\_ Extensivo\_\_\_\_\_ Mixto\_\_\_\_\_

16.- Cultura productiva de cerdos: Castración\_\_\_\_\_ desparasitación\_\_\_\_\_ Vitaminización  
\_\_\_\_\_

### **ASPECTOS PRODUCTIVOS DE LA PRODUCCIÓN DE CERDOS EN TRASPATIO DE LAS FAMILIAS DEL ANEGADO.**

17. Número de cerdos que cría\_\_\_\_\_

18.- Materiales de construcción de porquerizas: Caña\_\_\_\_\_ Madera\_\_\_\_\_ Cemento\_\_\_\_\_ Misto\_\_\_\_\_

19. Dimensiones del corral (m2): \_\_\_\_\_

20 Cerdos por corral: \_\_\_\_\_.

21. Tipo de raza: criollo\_\_\_\_\_ mestizo\_\_\_\_\_ raza\_\_\_\_\_,  
Cual\_\_\_\_\_

22. Horario de suministro de agua: mañana\_\_\_\_\_ tarde\_\_\_\_\_ mañana y tarde\_\_\_\_\_ todo el tiempo\_\_\_\_\_

23. Horario de suministro de alimento: mañana\_\_\_\_\_ tarde\_\_\_\_\_ mañana y tarde\_\_\_\_\_ todo el tiempo\_\_\_\_\_

24. Edad de inicio de la ceba\_\_\_\_\_

25. Edad al final de la ceba\_\_\_\_\_

26. Peso de inicio de la ceba\_\_\_\_\_

27. Peso final de la ceba\_\_\_\_\_

28. Número de animales cebados en el año\_\_\_\_\_

29. Lleva registros de tiempo de cría\_\_\_\_\_

30. Registro de costos por alimentación\_\_\_\_\_

31. Cría cerdos para: La venta\_\_\_\_\_ Autoconsumo\_\_\_\_\_

32. Precio de venta de la carne por libra: En pie \$\_\_\_\_\_ Faenado \$\_\_\_\_\_

33. Razones por la cría de cerdos: Alimento\_\_\_\_\_ Economía\_\_\_\_\_ otros\_\_\_\_\_

### **ANÁLISIS DE RECURSOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERDOS**

34. Planifica la producción porcina: Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

35. lleva registros de producción de la cría de cerdos: Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

36. Fuentes de Alimento: Producidos en la finca\_\_\_\_\_ Balanceado\_\_\_\_\_ Ambos\_\_\_\_\_

37. Que alimentos producidos en finca destina para alimentación del cerdo:  
Yuca\_\_\_\_\_ maíz\_\_\_\_\_ frejol\_\_\_\_\_ Guineo\_\_\_\_\_ tagua\_\_\_\_\_ Plátano\_\_\_\_\_ desperdicio  
de cocina\_\_\_\_\_ otros cuales:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

38. Preparación de los alimentos producidos en finca: Cocinados\_\_\_ Troceados\_\_\_\_  
Molidos\_\_\_ Macerados\_\_\_\_ Ninguna\_\_\_\_\_

39. Siembra de productos para la alimentación Si\_\_\_ No\_\_\_\_  
Cuales\_\_\_\_\_

40. Posee equipos para preparar alimentos: Si\_\_\_ No\_\_\_

41. Probaría variables alimenticias con productos de la finca para la cría de sus  
cerdos. Si\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Realiza control de la producción

42. Ha participado en cursos de capacitación: Si\_\_\_ No\_\_\_\_

43. Necesita capacitaciones para la cría y manejo de los cerdos: Si\_\_\_ No\_\_\_\_



## XII CONGRESO DE LA FEDERACIÓN IBEROAMERICANA DE RAZAS CRIOLLAS Y AUTÓCTONAS (FIRC México - 2019)

### CARACTERIZACIÓN SOCIO PRODUCTIVA DE FAMILIAS CAMPESINAS PRODUCTORAS DE CERDOS TRASPATIO EN COMUNIDADES DE JIPIJAPA – ECUADOR

VALVERDE LUCIO A<sup>1\*</sup>, GONZÁLEZ MARTÍNEZ AM<sup>2</sup>, ALCÍVAR COBEÑA J<sup>3</sup> y RODERO SERRANO E<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ing. Agropecuario. Magister en gestión de proyectos socio productivos, profesor investigador titular de la Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí UNESUM, Jipijapa Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba España. AGR -134. Ceia3

<sup>3</sup> Responsable Grupo de Investigación Pecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

\* yhonny.valverde@unesum.edu.ec

#### RESUMEN

**Antecedentes:** La producción porcina traspatio es importante para las pequeñas unidades familiares del cantón Jipijapa y la micro región sur de la provincia de Manabí. El **objetivo** fue caracterizar los sistemas tradicionales de explotación porcina traspatio, **Metodología:** Se consideraron 4 dimensiones, destacando lo social, organizativo, productivo y los recursos locales. Se realizaron 55 encuestas en 7 comunidades, se emplearon estadísticos descriptivos y análisis de varianza para definir la relación entre las variables y las comunidades. **Resultados:** se identificó una variabilidad significativa ( $p < 0,01$ ) entre las comunidades para las variables sociales: dedicación a la actividad porcina, ocupaciones, servicios básicos, obtención del agua y enfermedades que se presentan comúnmente. El sistema de producción entre comunidades también resultó significativamente ( $p < 0,01$ ) diferente entre comunidades. El sistema intensivo con un 49.9% es el más utilizado, el extensivo puro es del 7.27%, mientras que el mixto alcanza el 43.64%. Las porquerizas de los productores están construidas con diversos materiales de la zona como caña, madera. Con respecto a las razas de cerdo, todas las comunidades producen cerdos criollos (61.82 %). la mayoría de productores cría entre 2 a 3 cerdos, aunque el promedio es de 4.55 cerdos. El tiempo de ceba puede ser hasta de 12 meses, y el peso no supera los 75 kg. La cultura productiva es heterogénea entre comunidades, como también lo son las dietas alimenticias a base de productos locales. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos apuntaron a diferencias entre las comunidades estudiadas en cuanto a las razas, alimentos, sistemas de producción y cultura productiva, Este aspecto debe ser tenido en cuenta en el Desarrollo de las soluciones sostenibles específicas para afrontar los problemas de las economías de producción familiar tipo traspatio en la producción de cerdos del Sur de Manabí.

**Palabras claves:** Producción, dimensiones, unidades productivas, economía solidaria.

## II CONGRESO INTERNACIONAL Y MULTIDISCIPLINAR DE INVESTIGADORES EN FORMACIÓN UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA - 2020

### CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN NO CONVENCIONAL EMPLEADAS EN LA PRODUCCIÓN DE CERDOS.

VALVERDE LUCIO A<sup>1\*</sup>, GONZÁLEZ MARTÍNEZ AM<sup>2</sup>, RODERO SERRANO E<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesor investigador de la Carrera Agropecuaria. Universidad Estatal del Sur de Manabí.  
Jipijapa - Ecuador.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba España. AGR -134. Ceia3

\* yhonny.valverde@unesum.edu.ec

#### RESUMEN

Las familias campesinas rurales del cantón Jipijapa, tienen en la producción porcina traspatio, una fuente de ingresos económicos, que contribuye a mejorar su economía de subsistencia. Mediante estudios previos pudimos identificar que los productos locales de origen agrícola (plátano, banano verde, banano maduro, yuca cruda, yuca cocida, zapallo y tagua) son utilizados desde el 10 % hasta el 100 % en la cría de cerdos traspatio (Valverde *et al.*, 2019). El productor que emplea estos productos, desconoce su contenido nutricional y los usa sin tomar en cuenta los requerimientos del animal acordes a sus fases productivas. En el presente estudio, y con el ánimo de aportar soluciones a este importante sector, se caracterizó bromatológicamente la composición de nutrientes de las fuentes de alimentación no convencional para cerdos antes mencionadas y en diferente modo de presentación (cocinado o verde), ya que algunos de ellos en forma cruda contienen antinutrientes como el ácido ciánico. Para la comparación de cada uno de los alimentos, una vez comprobado el ajuste a la normalidad de los datos, se llevaron a cabo análisis de varianza (ANOVA) y pruebas Tukey de comparación de medias en cada una de las variables analizadas: humedad (H), materia seca (MS), cenizas (Cen), materia orgánica (MO), lípidos (Lip), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), siendo realizadas 5 repeticiones de cada producto. La composición de todos los alimentos resultó diferente para todas las variables analizadas ( $p < 0,05$ ). Los resultados permitieron definir que el zapallo y la tagua presentaron el contenido más alto de H (86,54 y 75,35%) y de Cen (2,03 y 2,09%). Los valores de Lip y de FB más alto se presentaron en la tagua 15,32 y 16,17%, respectivamente. En cuanto a los productos con mayor porcentaje de MO fueron el plátano (41,13%), la yuca cocida (32,87%) el guineo maduro (32,06), y en contenido de PB banano verde (5,37%), el zapallo (5,10%) y la yuca cruda (4,13%). La información generada ayuda a establecer las pautas para elaborar dietas alimenticias útiles para la crianza de cerdos en sus diversas etapas productivas. Particularmente por su alto contenido de carbohidratos que alcanzan a cubrir los requerimientos energéticos del animal, es posible utilizar en la producción de los cerdos estas alternativas alimenticias como reemplazo del maíz y a menores costes (50 al 70 % menos) lo que genera significativos ahorros a los productores traspatio.

**PALABRAS CLAVE:** Producción sostenible, porcino, sistemas traspatio, nutrición, dietas.

### III CONGRESO INTERNACIONAL Y MULTIDICCIPLINAR DE INVESTIGADORES EN FORMACIÓN UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA - 2020

#### Posibilidades de uso de alternativas alimenticias locales de la provincia de Manabí (Ecuador) para el engorde de cerdos (*Sus scrofa domesticus*)

VALVERDE LUCIO A<sup>1\*</sup>, GONZÁLEZ MARTÍNEZ AM<sup>2</sup>, RODERO SERRANO E<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesor investigador de la Carrera Agropecuaria. Universidad Estatal del Sur de Manabí. - Ecuador.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba España. AGR -134. Ceia3

\* yhonny.valverde@unesum.edu.ec

La investigación planteó como objetivo principal la evaluación de la inclusión de alternativas alimenticias locales en la dieta de los cerdos en fase de cebo a través de los parámetros productivos de crecimiento y la grasa dorsal. Se analiza también el análisis de costos-beneficio de las formulaciones empleadas. El estudio implicó la cría de 21 cerdos, que fueron distribuidos en 3 tratamientos (T) que se repitieron en 7 animales cada uno; el tratamiento testigo "T1", fue alimentado sin alternativas alimenticias (100 % alimento artesanal, que consistía en concentrado proteico más maíz y polvillo de arroz), el tratamiento 2 "T2", contenía 68% del anterior balanceado artesanal, y 32 % de alternativas alimenticias (16 % yuca y 16 % malanga), y el tratamiento 3 "T3" consistió en un 58 % del balanceado artesanal junto con 42% de alternativa (21% yuca, 21% malanga). Las variables productivas analizadas fueron: el peso del animal cada 15 días, el consumo de alimento y la conversión alimenticia. En lo que respecta al nivel de engrasamiento, se tomaron datos a nivel del lomo, anca, espesor de tocino dorsal "ETD" de la 1ra y última costilla y del glúteo. Se llevaron análisis de varianza para establecer la diferencia entre tratamientos y el posible efecto de la edad del animal. Para los cálculos se empleó el software estadístico Infostat. Los resultados obtenidos; tanto a nivel de parámetros productivos, así como de contenido de grasa, no determinaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, En lo referente al análisis beneficio-costos, los resultados fueron: T1 con 1,18 deduciendo un beneficio de 18 centavos por cada dólar invertido; el T2 con 1,42; y el T3 con un 1,72 resultan los de mejor beneficio económico. El costo de cada libra producida, fue de T1 1,5 dólares, T2 con 1,17 dólares y T3 con 1,12 dólares. Todo ello determina mejores ingresos en los tratamientos con alternativas alimenticias e impacto económico muy favorable al productor traspatio. Se concluye, por lo tanto, que, bajo una adecuada formulación nutricional, resulta muy rentable y sostenible el uso de las alternativas alimenticias basadas en el aprovechamiento de los subproductos y excedente de la agricultura local de Manabí.

**Palabras claves:** Yuca, malanga, subproductos locales, porcicultura.