

Evaluación de un prototipo de incubadora artesanal para huevos de codornices (*Coturnix coturnix japónica*) implementada con tecnología Arduino

Walter Francisco Game Cruz
<https://orcid.org/0000-0002-2573-6159>
walterfrancisco1205@gmail.com
Investigador independiente
Santa Elena, Ecuador

Miguel Ángel Lema Carrera
<https://orcid.org/0000-0001-7934-8891>
malema7@espe.edu.ec
Universidad de las Fuerzas Armadas
Quito, Ecuador

Ligia Araceli Solís Lucas
<https://orcid.org/0000-0002-4428-3888>
isolis@upse.edu.ec
Universidad Estatal Península de Santa
Elena
La Libertad, Ecuador

Verónica Cristina Andrade Yucailla
<https://orcid.org/0000-0001-7909-2128>
vandrade@upse.edu.ec
Universidad Estatal Península de Santa
Elena
La Libertad, Ecuador

Recibido(09/04/2022), Aceptado(27/05/2022)

Resumen: Las crías de codornices en Santa Elena provienen de granjas industriales situadas fuera de la provincia, por lo que encarecen los costos de adquisición para el pequeño productor. Existen incubadoras de alto rendimiento para la reproducción de aves, pero sus costos no están al alcance del avicultor promedio. Para contribuir al desarrollo y aumentar la productividad de la cría de aves en pequeños productores se implementó tecnología Arduino para ensamblar incubadoras con materiales de bajo costo para el productor promedio de la provincia. Las técnicas empleadas en la investigación como notas de campo, observación y herramientas estadísticas arrojaron resultados favorables del 75% de eclosión y una eficiencia superior al 83%. Las observaciones mediante la ovoscopia demostraron que el sistema de incubadoras con Arduino es eficiente en la formación del polluelo. Por otro lado, los costos de inversión para estos equipos son atractivos para el productor de la zona.

Palabras claves: incubadora, codorniz japónica, sistema Arduino, cultura y desarrollo.

Evaluation of a prototype of an artisanal incubator for quail eggs (*coturnix coturnix japonica*) implemented with Arduino technology

Abstract: Quail pups in St. Helena come from factory farms outside the province, making acquisition costs more expensive for the small producer. There are high-performance incubators for bird breeding, but their costs are not within the reach of an average poultry farmer. In this sense, to contribute to the development and increase the productivity of poultry breeding in small producers, Arduino technology was implemented to assemble incubators with low-cost materials for the average producer in the province. The techniques used in the research such as field notes, observation and statistical tools yielded favorable results of 75% hatching and an efficiency of more than 83%. Observations by ovoscopy showed that the incubator system with Arduino are efficient in the formation of the chick. On the other hand, the investment costs for this equipment are attractive for the producer in the area.

Keywords: incubator, Japanese quail, Arduino system, culture and development.

I. INTRODUCCIÓN

La cotornicultura tiene por finalidad criar, reproducir y mejorar la producción de codornices para aprovechar los productos y subproductos que pueda generar (huevos, carne y cordonazo) las variedades japónicas, coreana, faraona y las soto son de interés por sus características robustas y alta postura[1].

El Ministerio de Agricultura y Ganadería [2], reseña que el 84.7% de la cría de aves a nivel nacional se produce de manera industrial y el 15.3% en el campo. La cría de aves se concentra principalmente en 9 provincias como Guayas, Pichincha, Tungurahua, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, El Oro, Cotopaxi, Imbabura y Pastaza [3].

Las codornices en el Ecuador ingresaron al área comercial hace algunos años, consideradas como aves exóticas; con el pasar del tiempo se descubrió que estas aves poseen cualidades de gran interés para el avicultor utilizándola para la explotación intensiva aprovechando así sus bondades alimenticias [4].

Erazo [5] plantea que las incubadoras de huevos tienen una gran importancia en la avicultura, ya que su único objetivo es dar vida a las aves ya sea de engorde, postura o de cualquier especie sustituyendo al ave hembra en el proceso de incubación natural. El proceso de incubación natural en este tipo de aves es ineficiente para la cría intensiva, ya que su bajo peso y dimensiones físicas del animal no proporcionan la mejor condición físicas de temperatura y humedad que permitan un alto rendimiento en la eclosión de los huevos.

La provincia de Santa Elena está en constante crecimiento productivo y el principal sector que destaca es el agropecuario, por lo que en la actualidad se tiene que generar nuevas alternativas de producción que enmarquen el cambio de la matriz productiva de la provincia y del país. En tanto que el bienestar social de los productores está ligado a la satisfacción por el trabajo y de su calidad de vida. Es recurrente el abandono de sector productivo primario, tanto por sucesión familiar como por despoblamiento rural [6]. en este sentido, se hace necesario crear las condiciones económicas y de calidad de vida para el productor promedio y que sus futuras generaciones sientan arraigo y reconocimiento social por el negocio familiar. De acuerdo con lo planteado, el presente estudio tiene como objetivo ensamblar una incubadora artesanal prototipo para huevos de codorniz con tecnología Arduino.

La importancia de la investigación es que los pequeños productores puedan disminuir los costos de producción y aumentar su productividad en el manejo de las aves, teniendo así mayor rentabilidad económica. La producción de codornices como fuente de proteínas a la sociedad y su mercadeo también está ligado a la inocuidad y seguridad de los procesos [7], que sin duda contribuyen a maximizar los beneficios de los productores. Las variables a medir en el estudio son eclosión total, eficiencia de la incubadora, desarrollo embrionario y el análisis económico; a través de la observación directa recurrente, recopilación de costos del mercado y la ovoscopia, así como su procesamiento y análisis a través de Excel.

II. DESARROLLO

La producción de aves de corral incluida la codorniz se explota con alto impacto a nivel industrial [2], sin embargo, otros estudios revelan que las granjas industrializadas arrastran consigo beneficios al pequeño productor en [8], es decir, abarata sus costos debido al uso por parte de las grajas industriales de equipos de mayor tecnología e insumos, esta demanda creciente puede beneficiar al pequeño productor, entre otros aspectos asociados. Obtener alimentos para los animales de buena calidad y mejorar la genética del animal, también son derrames de estar en una comunidad donde coexistan las pequeñas y grandes granjas, ya los primeros pudieran adquirir productos necesarios a través de estos.

Desarrollar una incubadora controlada por una placa Arduino a través de software libre, además de la versatilidad y operatividad de su compatibilidad con múltiples dispositivos de entrada y salida permite que el pequeño productor pueda adaptarse a sus necesidades, sin incurrir en altos costos de tecnología privativa, en [9].

A. Ubicación geográfica y condición ambiental del proyecto

La evaluación se realizó en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena barrio los Sauces ubicado a 26msnm, con latitud 2° 13' 51.90"S y longitud 80° 52' 10.40"O desde mayo 2020 a febrero del 2021.

Las condiciones climáticas presentaron temperaturas de 17 °C a 28 °C, humedad relativa 75%, luminosidad de 12 a 13 horas luz/día, 111mm de precipitación en época de lluvia y 0.3mm en época seca.

B. Materiales

Los materiales usados se discriminan en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales usados en el experimento.

Clasificación	Lista
Materiales del cuerpo de la incubadora.	Tanque metálico
	Vidrio
	Playwood
	Tornillo de presión
	Aislante térmico (espuma de polietileno)
	Papel de aluminio
	Pintura esmalte
Materiales electrónicos del sistema Arduino	Tarjeta Arduino UNO
	Cables de datos puerto USB
	Cables de conexión tipo jumper
	Protoboard
	Resistencia 5,6 k Ω
	Resistencia 330 Ω
	Resistencia 1 k Ω
	Pulsadores Pantalla LCD 16cm x 2cm
	Revelador
	Sensor de temperatura y humedad DTH-11
	Ventilador de 12v
	Motor eléctrico
	Relé
	Boquilla de cerámica
	Luminaria de 110v
Humidificador marca airinovation	
Materiales para recolección de datos	Cámara fotográfica
	Linterna LED
	Computadora
	Cuaderno de notas
	Lápices
Software e procesamiento de información	Autocad
	Excel
	TinkerCad
	Arduino
Material biológico	Huevos de codorniz japonesa de 12 semanas de edad, en relación 1/5 macho-hembra.

III. METODOLOGÍA

El método de trabajo que se empleó se llevó a cabo en 3 fases, las cuales se detallan a continuación.

Fase 1: Diseño y armado

Diseño espacial de la incubadora artesanal

Se realizó un modelo espacial utilizando AutoCad (fig 1) para una capacidad de 70 huevos.

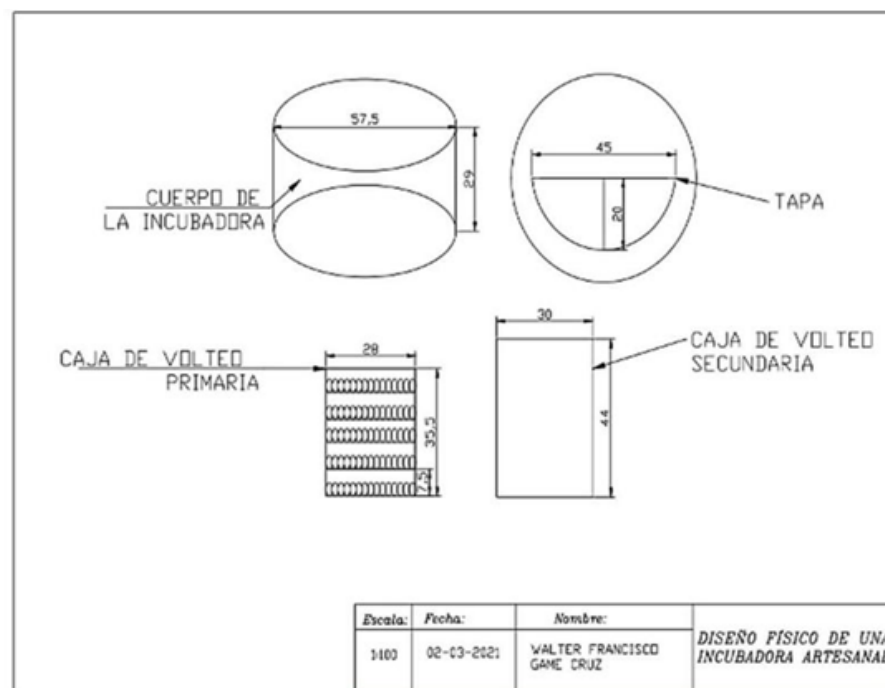


Fig 1. Diseño de incubadora

Ensamble de la incubadora artesanal

Para el armado de la incubadora (fig 2) se procedió en los siguientes pasos.

1. Se cortó el tanque de metal de 57.5cm de diámetro a una altura de 29cm.
2. Se utilizó lata del mismo diámetro para colocarla como base y tapar uno de los lados del cilindro logrando así el cuerpo de la incubadora.
3. Para obtener la tapa de la incubadora se utilizó playwood de 5mm de grosor cortándola de forma circular de un diámetro de 57.5cm.
4. Dentro de la tapa de la incubadora se realizó un agujero tipo media luna de medidas 45cm de largo y de ancho de 20cm, posteriormente se colocó un vidrio de 3mm de grosor con las mismas medidas sellando con silicón para tener visibilidad dentro de la incubadora.
5. En las paredes del interior de la incubadora se agregó espuma de polietileno cubriendo así las paredes y la base del cuerpo de la incubadora artesanal.
6. Se utilizó papel de aluminio dentro de la incubadora en las paredes y base para captar mejor la temperatura y conservar la misma.
7. Con playwood de 5mm se realizaron las cajas de volteo de huevos con medidas de 30cm de ancho y 44cm de largo en la caja secundaria de volteo y en la caja primaria de volteo medidas de 28cm de ancho y 35.5cm de largo, dividida con 5 galerías de 7.5cm de ancho que albergaron 14 huevos de codorniz por compartimiento.
8. Se pintó la parte exterior de la incubadora artesanal con pintura esmalte blanco.

Diseño electrónico del sistema Arduino

El sistema Arduino fue diseñado con las características técnicas capaz de controlar y establecer una buena condición ambiental dentro de la incubadora (fig 3). Para ello se utilizó el programa TinkerCAD.

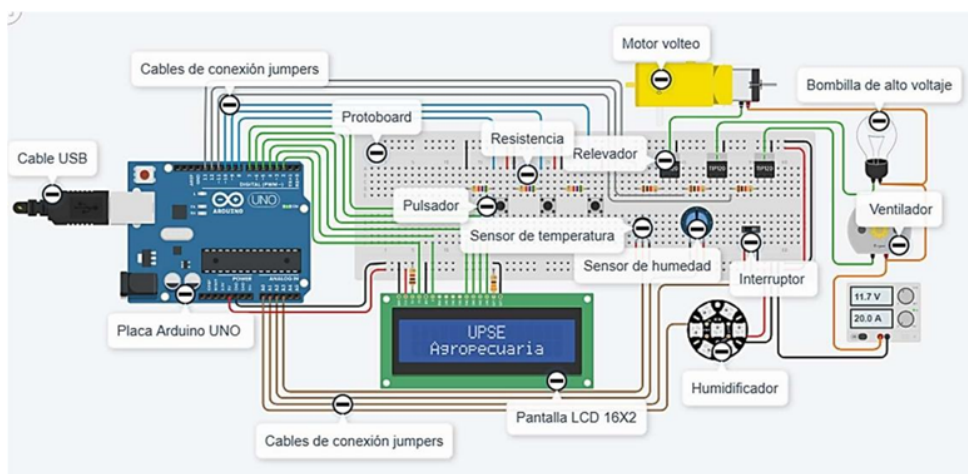


Fig 3. Diseño Arduino

Fase 2: Preparación, selección y limpieza

1. Se ubicó la incubadora en una mesa plana a una altura de 50cm.
2. Se evitó colocar objetos como manteles que puedan tapar orificios de aireación.
3. Se desinfectó la incubadora antes de realizar los ensayos.
4. Se utilizó el humidificador y recipientes de aluminio con agua para regular la humedad relativa deseada.
5. Se precalentó la incubadora un día antes y se calibró hasta tener la temperatura y humedad para cada ensayo.
6. Se procedió a desinfectar la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino con agua clorada a concentración de 1 ml de cloro por litro de agua.
7. Posteriormente se realizó la calibración y precalentamiento. La calibración se hace mediante el software instalado en una computadora que envía órdenes a la placa Arduino UNO para que realice el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema.
8. Se realizó la selección de huevos para la incubación; estos contenían un peso entre 11 gr a 13 gr, un cascarón de coloración típica, brillante y liso.
9. Una vez seleccionados los huevos se realizó la limpieza en seco, donde se utilizó un cepillo de cerdas suaves desinfectado, para eliminar restos de suciedad.

Fase 3: Inicio de incubación

Se colocaron los huevos en la incubadora (fig 4), cumplido con los siguientes parámetros ambientales y mecánicos.

Temperatura: la temperatura de control fue de 37,5°C.

Humedad: el rango de humedad fue de 50% a 60%

Volteo: fue realizado automáticamente en frecuencia de 4 ciclos diarios.

IV.RESULTADOS

A. Incubabilidad o Eclosión total

El porcentaje de eclosión total o incubabilidad se lleva a cabo con una operación matemática donde se divide el número de polluelos nacidos con el total de huevos en la incubadora y multiplicado por cien, por lo cual la eclosión hace referencia al éxito de la incubación [10].

$$\frac{\text{Polluelos nacidos vivos}}{\text{Número de huevos en la incubadora}} * 100\% = \text{Eclosión total} \quad (1)$$

B. Eficiencia técnica de incubadora

Es cuando se logra la máxima producción posible con la cantidad de insumos utilizados [11]. Se conoce como Nacidos sobre Fértiles (NSF).

$$\frac{\text{Eclosión total}}{\text{Fértiles}} * 100\% = \text{NSF} \quad (2)$$

C. Desarrollo embrionario

Esta variable observación se realizó a través de la ovoscopia.

D. Costos de producción

Se presenta mediante una tabla los costos de la implementación del sistema de incubación de codorniz japónica.

A continuación, se presenta la recogida de datos de los 3 ensayos realizados, con carga máxima de la incubadora (70 huevos).

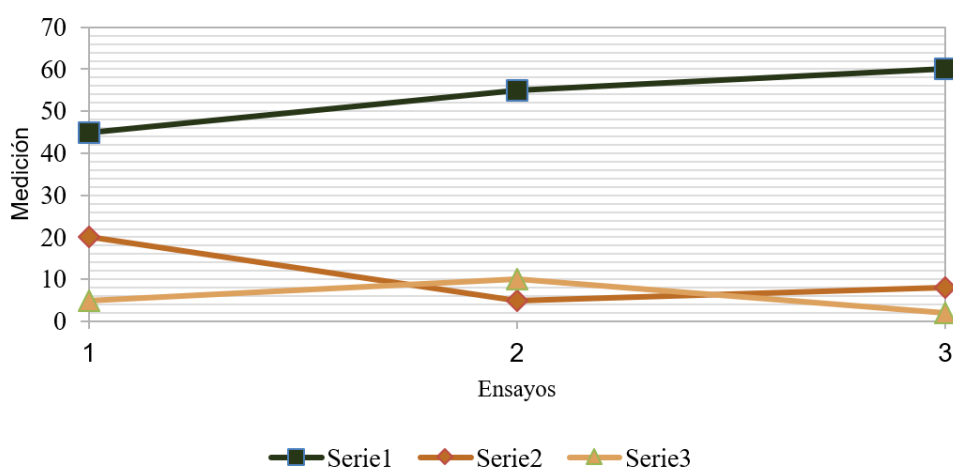


Fig 5. Información de la incubadora

Se presentan resultados de las variables a medir en los ensayos.

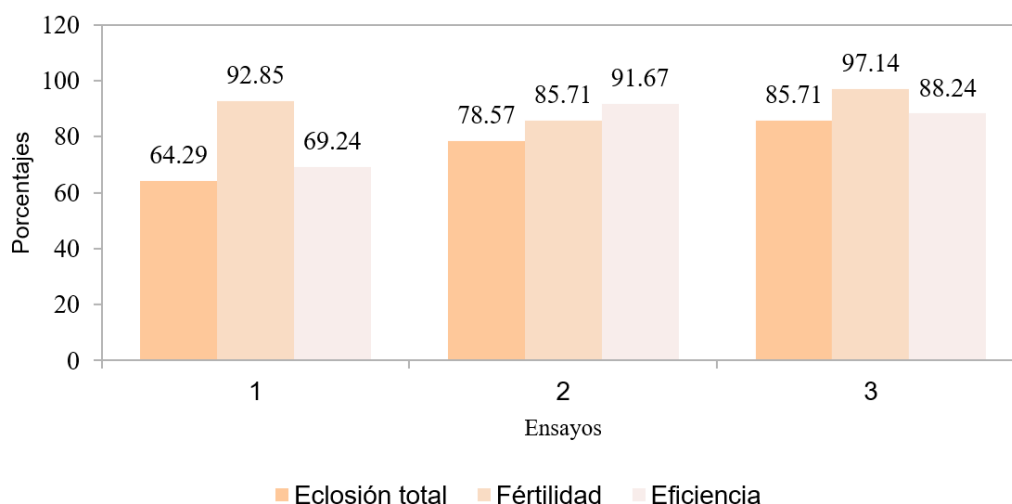


Fig 6. Resultados de los ensayos

Con las herramientas de análisis utilizadas se constató un promedio de eclosión total de 76,19% que representa un estándar sustancial en equipos artesanales de este tipo [12], por otro lado, un alto porcentaje de fertilidad (91,90%) hizo que la eficiencia del sistema fuera representativo en estos casos con 83,03%, en [13].

La variabilidad observada entre ensayos se debe a la puesta a punto de los parámetros de control con el sistema Arduino, los factores ambientales, biológicos y físicos; entre ellos temperatura y humedad son los más importante que afectan el proceso de incubación de los huevos [14]. Otros estudios han demostrado que Arduino es capaz de hacer controles de temperatura y humedad [15], captando datos con sensores de bajo costo y en tiempo real.

En la ovoscopia se evidencia la eficiencia del sistema, la característica de formación morfológica del animal va desarrollándose según su estructura, hasta los 16 a 18 días que ocurre la eclosión y nace un animal vigoroso y sano.





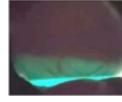


Con los parámetros recopilados y procesados, se puede concluir que el este sistema de incubadora con Arduino para el pequeño productor puede aumentar su rentabilidad de negocio, disminuyendo costos asociados a la adquisición de animales en otras zonas alejadas.

Con respecto a los costos del sistema incubadora Arduino se recopilaron los precios del mercado local expresados en dólares de Estados Unidos.

El valor total de la investigación incluyendo el consumo eléctrico para la incubadora alcanza un gasto de inversión de \$290 ensamblando. Este presupuesto de inversión representa una alternativa atractiva para el productor artesanal, ya que en comparación con incubadoras similares de manufactura industrial su precio se reduce en un 50% aproximadamente.

Las observaciones de la ovoscopia se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la ovoscopia

Evolución	Imagen
Día 1. Las 24 horas de incubación el huevo no presenta cambios en su interior; se aprecia perfectamente la yema y la albumina.	
Día 3. Se presentan los primeros vasos sanguíneos, inicia la circulación de sangre.	
Día 5. El embrión empieza a desarrollarse con una gran actividad, aumentan la cantidad de los vasos sanguíneos se visualiza más movimientos dentro del huevo.	
Día 9. En esta etapa es donde aparecen las garras en las patas del ave que se está formando en el huevo.	
Día 11-12. El ave continúa madurando dentro del huevo en este punto la codorniz está casi completa ya que desde este día desarrolla su sistema digestivo ya que es el último en desarrollarse antes del día del nacimiento.	
Día 13-15. Se suprime el volteo automático, la codorniz está totalmente formada lista para el nacimiento.	
Día 16-18. Eclosión de huevos y nacimientos de codornices.	

CONCLUSIONES

A través de la elaboración de una incubadora con sistema Arduino se logró tener mejor control de los parámetros ambientales, físicos y biológicos sin intervención continua del hombre, esto aumento considerablemente el nacimiento vivo de polluelos. Otros parámetros observados fue el desarrollo del embrión a través de la ovoscopia, que permite ir testeando el funcionamiento del sistema Arduino de la incubadora en el control de parámetros.

Las placas Arduino son una alternativa tecnológica singular para este tipo de negocios artesanales y/o familiares, pero que representan el sustento de numerosas familias en la península de Santa Elena, además de aportar significativamente al desarrollo económico de la zona, incrementando valor agregado a las granjas de codornices.

Las desviaciones obtenidas en el número de nacimientos vivos se deben a la precisión de Arduino, para mantener los parámetros de control en rangos más pequeños y poder aumentar su eficiencia. Sin embargo, este sistema de incubadora es un avance cualitativo para el pequeño productor de la provincia de Santa Elena que pudiera ver beneficiado su rentabilidad económica al tener la capacidad de producir el huevo fértil y a su vez el ave. La calidad de vida del productor es un concepto multifactorial, los resultados de esta investigación aportan en la dimensión de las tareas del trabajo y en la toma de decisiones con respecto al negocio.

El método y las técnicas utilizadas durante la investigación dieron los resultados esperados, las notas de campo, las observaciones, el procesamiento de registros y los cálculos de variables ya validadas les dan robustez a los resultados obtenidos. Es por ello que la investigación tiene confiabilidad de la trazabilidad de registros para otros investigadores.

REFERENCIAS

- [1] L. García, Estudio de factibilidad financiera para la producción de huevos de codorniz, en el centro de prácticas río verde, Santa Elena, Santa Elena, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.
- [2] Ministerio de Agricultura y Ganadería, «Ecuador celebra el día internacional de la carne de pollo,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-celebra-el-dia-nacional-de-la-carne-de-pollo/#:~:text=Quito%2C%2004%20de%20julio%20de,%2C%20mediante%20Acuerdo%20Ministerial%20No..>
- [3] Maíz y Soya, «Cada año Ecuador aumenta consumo de pollos y huevos,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.maizsoya.com/lector.php?id=20200548&tabla=articulos>.
- [4] N. Sablón, Q. A. A. Sandoval y A. Manjarrez, «Comparación del sistema ambiental del Coturniz Coturniz (Codornices) entre la región costa y la región amazónica ecuatoriana,» Revista Caribeña de Ciencias Sociales, vol. 3, 2017.
- [5] B. Erazo, Diseño y simulación de una incubadora de huevos para una procesadora de pollos en la tena, Guayaquil, Ecuador: Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [6] B. Sabillón, M. Gerster y A. Knierim, «Measuring farmers' well-being: Influence of farm-level factors on satisfaction with work and quality of life,» Journal of Agricultural Economics, vol. 73, n° 2, pp. 452-471, 2022.
- [7] O. Akinwehinmi, K. Ogundari y T. Amos, «Consumers' food control risk perception and preference for food safety certification in emerging food markets,» Journal of Agricultural Economics, 2021.
- [8] L. Saweda, L. Tasie, A. Salim, T. Awokuse, T. Jayne, M. Muyanga, A. Aromolaran y A. Adelaja, «Can medium-scale farms support smallholder commercialisation and improve welfare? Evidence from Nigeria,» Journal of Agricultural Economics, 2022.
- [9] H. Kondaveeti, N. Kumaralevu, S. Vanambathina, S. Mathe y S. Vappangi, «A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations,» Computer Science Review, vol. 40, n° 100364, 2021.
- [10] A. Zamora, Efecto de la gravedad específica de huevos incubables sobre el porcentaje de nacimiento y calidad del pollo recién nacido, Trujillo, Perú: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego, 2020.
- [11] A. Chirinos y M. Urdaneta, «Medición de la eficiencia en el sector avícola mediante índices de Malmquist,» Agroalimentaria, vol. 13, n° 25, pp. 95-107, 2007.
- [12] R. Reyes, Diseño, construcción y manejo de una incubadora artesanal de huevos en la comuna san Vicente cantón Santa Elena, Santa Elena, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.
- [13] V. Álvarez, Evaluación de dos tipos de incubadoras artesanales sobre el porcentaje de nacimientos y peso al nacer en aves, Guatemala: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.
- [14] I. Nääs, B. Roriz, C. Ayla, S. Sgavioli, K. Caldara, F. Rombola, R. García y C. Domingues, «Storage Period Affects Weight Loss of Japanese Quail Eggs,» Revista Brasileira de Ciencia Avícola, vol. 18, n° 4, pp. 589-592, 2016.
- [15] D. Fernández, E. A. E. Yedra y C. Morón, «Arduino based monitoring system for materials used in façade rehabilitation – Experimental study with lime mortars,» Case Studies in Construction Materials, vol. 16, n° e00985, 2022.