



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA
ARTESANAL PARA HUEVOS DE CODORNICES
(*Coturnix coturnix japónica*), IMPLEMENTADA CON
TECNOLOGÍA ARDUINO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Walter Francisco Game Cruz

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA
ARTESANAL PARA HUEVOS DE CODORNICES
(*Coturnix coturnix japónica*), IMPLEMENTADA CON
TECNOLOGÍA ARDUINO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Walter Francisco Game Cruz

Tutor: Ing. Ligia Araceli Solís Lucas, PhD

Cotutor: Ing. Miguel Ángel Lema Carrera, MSc

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD
**DIRECTORA DE CARRERA
DE AGROPECUARIA
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**



MVZ. Debbie Chávez García, MSc
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Araceli Solís Lucas, PhD
**DOCENTE TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.
**PROFESOR GUIA DE LA UIC
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Me siento muy agradecido con mi Padre Celestial por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida con salud y bienestar.

A mis padres siendo mi inspiración y el pilar fundamental, gracias a ellos he podido avanzar para lograr este objetivo anhelado.

A mis hermanas, mi hermano y mi novia que fueron mi apoyo cada día, además de familiares que me conocen y han visto en mi la fuerza y capacidad para seguir adelante.

A mis tutores por haberme brindado su apoyo constante y paciencia para culminar con éxito mi trabajo de titulación.

A cada uno de mis compañeros quienes me alentaron a perseguir los mismos ideales de convertirnos en profesionales.

Walter Game

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres el Sr. Walter Game Cerezo y Sra. Olga Cruz Rodríguez, quienes son un pilar fundamental en mi vida que motivan a seguir adelante con su amor, paciencia, valores, consejos y apoyo incondicional en mi formación académica.

A mis hermanos Ginger, Beatriz y Braulio quienes son mi principal cimiento para la construcción de mi vida profesional.

De manera especial dedico también a mi novia la Srta. Adriana Muñiz por la ayuda que me ha brindado.

Walter Game

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena, barrio Los Sauces, desde mayo 2020 a febrero del 2021. Los objetivos del trabajo fueron: ensamblar una incubadora artesanal prototipo para huevos de codorniz con tecnología Arduino; establecer el porcentaje de huevos eclosionados y su eficiencia; evidenciar la evolución y desarrollo del embrión mediante ovoscopia y establecer el costo de producción. En este experimento se utilizó un prototipo construido por estudiantes del tercer semestre periodo 2019-1 quienes cumplieron una parte de la primera fase de esta investigación. Se implementó la tecnología Arduino usando materiales electrónicos económicos y de fácil adquisición. El material biológico, los huevos, se obtuvieron de codornices de 12 meses de edad. Se realizaron 3 ensayos en la incubadora que tenía una capacidad máxima de 70 huevos, con los siguientes pasos: preparación, selección, limpieza de los huevos, desinfección de incubadora y condición ambiental. Los resultados mostraron un promedio de eclosión total de 76.19% y eficiencia de 83.05%, un total de 160 codornices vivas. Se evidenció el proceso de desarrollo embrionario por día mediante ovoscopia con luz y el costo de producción del ensamblaje y desarrollo de la incubadora fue de \$158.05.

Palabras claves: Arduino UNO, Eficiencia, Ensamblar, Ovoscopia.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the province of Santa Elena, Santa Elena canton, Los Sauces neighborhood, from May 2020 to February 2021. The objectives of the work were: to assemble a prototype artisanal incubator for quail eggs with Arduino technology; establish the percentage of hatching eggs and their efficiency; demonstrate the evolution and development of the embryo by means of ovoscopy and establish the cost of production. In this experiment, a prototype built by students from the third semester period 2019-1 who completed a part of the first phase of this research was used. Arduino technology was implemented using inexpensive and readily available electronic materials. The biological material, the eggs, was obtained from 12-month-old quail. 3 tests were carried out in the incubator that had a maximum capacity of 70 eggs, with the following steps: preparation, selection, cleaning of the eggs, incubator disinfection, and environmental condition. The results showed a total hatching average of 76.19% and efficiency of 83.05%, a total of 160 live quails. The embryo development process per day was evidenced by light ovoscopy and the cost of production of the assembly and development of the incubator was \$ 158.05.

Keywords: Arduino UNO. Efficiency, Assemble, Ovoscopy.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Walter Game Cruz

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema científico	3
Objetivo General	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Generalidades de la codorniz.....	4
1.2. Postura de las codornices e importancia de la alimentación	4
1.3. Manejo de la codorniz.....	5
1.3.1. Influencia de la temperatura en la crianza de las codornices	5
1.3.2. Edad de reproductores.....	5
1.3.3. Relación macho / hembra.....	5
1.4. La incubación.....	5
1.4.1. Tiempo de incubación.....	6
1.4.2. Características del huevo en la incubación	6
1.5. Ambiente de incubación	7
1.5.1. Temperatura e importancia	7
1.5.2. Humedad	7
1.5.3. Regulación para la humedad	7
1.5.4. Ventilación.....	7
1.5.5. Volteo.....	8
1.5.6. Miraje.....	8
1.6. Características y manejo del huevo de codorniz.....	8
1.6.1. Estructura y Tamaño del huevo de codorniz.....	8
1.6.2. Composición proteica y mineral del huevo de codorniz	8
1.6.3. Tipos de huevos	9
1.6.4. Manejo del huevo fértil y almacenamiento.....	9
1.7. Porcentaje de incubabilidad y fertilidad.....	10
1.8. Importancia de los componentes de una incubadora.....	10
1.8.1. Característica de una incubadora comercial.....	10
1.8.2. Energía calórica de una incubadora	10
1.8.3. Termostato	11
1.8.4. Termómetro	11

1.8.5. Sistema de Volteo	11
1.9. Sistema Arduino	11
1.9.1. Elementos que conforma una placa Arduino UNO.....	12
1.9.2. Aplicación del sistema arduino en el campo agropecuario	12
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Ubicación del ensayo.....	14
2.2. Materiales y equipos.....	15
2.2.1. Materiales de recolección de datos	15
2.2.2. Materiales informáticos.....	16
2.2.3. Material biológico.....	16
2.3. Desarrollo del experimento.....	16
2.3.1. Fase 1: diseño y ensamblaje de la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino	16
2.3.2. Ensamblaje de la incubadora artesanal.....	17
2.3.3. Diseño electrónico del sistema Arduino de la incubadora artesanal	18
2.3.4. Funciones de los componentes del sistema Arduino.....	19
2.3.5. Funcionamiento de la incubadora	20
2.3.5.1. Mandos.....	20
2.3.5.2. Procedimientos para el uso de la incubadora	20
2.3.6. Fase 2: proceso de preparación de incubadora, selección y limpieza	21
2.3.7. Fase 3: inicio de la incubación.....	22
2.4. Variables para evaluar	23
2.4.1. Incubabilidad o Eclosión total.....	23
2.4.2. Eficiencia de incubadora.....	23
2.4.3. Medición de desarrollo embrionario/ día.....	23
2.4.4. Análisis económico	23
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Incubadora artesanal prototipo para huevos de codorniz ensamblada con tecnología Arduino	24
3.2. Porcentaje de huevos eclosionados y eficiencia de incubadora.....	25
3.3. Evolución y desarrollo del embrión mediante ovoscopia	26
3.4. Costo de producción	27
3.4.1. Costo de los materiales del sistema mecánico de la incubadora artesanal	27
3.4.2. Costo de los materiales electrónicos del sistema Arduino en la incubadora artesanal	28
3.4.3. Total, gastos de la investigación	29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
Conclusiones	30

Recomendaciones..... 30

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales del cuerpo de la incubadora.	15
Tabla 2. Materiales electrónicos del sistema Arduino de la incubadora artesanal. ..	15
Tabla 3. Resultados de la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino.	25
Tabla 4. Promedios de la evaluación en la incubadora de eclosión total, fertilidad y eficiencia (%) en la incubadora.	25
Tabla 5. Costos detallados de la parte mecánica de la incubadora artesanal.	28
Tabla 6. Costo de los materiales del sistema Arduino en la incubadora artesanal. ..	28
Tabla 7. Total, de gastos de la evaluación de una incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tarjeta Arduino UNO y sus partes.	12
Figura 2. Lugar donde se realizó la investigación.	14
Figura 3. Diseño de la incubadora artesanal en AutoCAD.....	16
Figura 4. Estudiantes del tercer semestre periodo 2019-1 ensamblando la parte mecánica del prototipo de incubadora artesanal.	18
Figura 5. Diseño electrónico del sistema Arduino.....	18
Figura 6. Preparación de la incubadora.	22
Figura 7. Inicio de la incubación.	22
Figura 8. Vista externa (A) e interna (B) del prototipo de incubadora artesanal.....	24
Figura 9. Componentes electrónicos externos (A) e internos (B) del sistema Arduino en el prototipo de incubadora artesanal.	24
Figura 10. Día 1 al 4 de incubación.	26
Figura 11. Día 5 al 9 de incubación.	26
Figura 12. Día 10 al 18 de incubación.	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Inicio del ensamblaje del sistema Arduino en la incubadora artesanal

Figura 2A. Adecuación del cableado en el sistema Arduino

Figura 3A. Pruebas de funcionamiento del sistema Arduino en el prototipo

Figura 4A. Muerte prematura

Figura 5A. No nacidos vivos

Figura 6A. Nacimientos de las codornices en la incubadora artesanal

Figura 7A. Lenguaje informático del sistema Arduino

INTRODUCCIÓN

La cotornicultura es una parte de la avicultura que tiene por finalidad criar, reproducir y mejorar la producción de codornices para aprovechar los productos y subproductos que pueda generar (huevos, carne y cordonazo que se la utiliza como abono para la agricultura), específicamente las variedades japónica, coreana, faraona y lassoto que son de gran interés por sus características y alta postura (García, 2015).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG (2019) señala que el 84.7% de la cría de aves a nivel nacional se produce de manera industrial y el 15.3% en el campo, no obstante, existe un grupo de avicultores que crían exclusivamente en el campo especies como gallos, gallinas, patos y otros; de manera industrial gallinas reproductoras, codornices y avestruces. La cría de aves concentra principalmente en 9 provincias como Guayas, Pichincha, Tungurahua, Santo domingo de los Tsáchilas, Manabí, El Oro, Cotopaxi, Imbabura y Pastaza, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – (INEC, 2020).

Sablón *et al.*, (2017) manifiestan que las codornices en el Ecuador ingresaron al área comercial hace algunos años, consideradas como aves exóticas; con el pasar del tiempo se descubrió que esta ave posee cualidades de gran interés para el avicultor utilizado para la explotación intensiva aprovechando sus principales fuentes de producción.

Por otro lado, Erazo (2016) 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.

Las crías de codornices en Santa Elena provienen de grandes granjas industriales situadas fuera de la provincia, los costos son muy altos mostrando problemas con el traslado y el estrés que provoca a las aves recién nacidas. Mundialmente existen incubadoras de alto rendimiento para la reproducción de aves, siendo las mismas de un valor sumamente elevado, el cual no está al alcance del presupuesto de un avicultor promedio.

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 concordancia a lo planteado anteriormente en la presente investigación se ensambló un prototipo de incubadora artesanal tecnificada con sistema Arduino para cría de codornices para pequeños productores.

Problema científico

¿Utilizar una incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino permitirá un alto porcentaje de incubabilidad en huevos de codorniz?

Objetivo General

- Ensamblar una incubadora artesanal prototipo para huevos de codorniz con tecnología Arduino.

Objetivos específicos

- Establecer el porcentaje de huevos eclosionados en la incubadora y su eficiencia.
- Evidenciar la evolución y desarrollo del embrión mediante ovoscopia en la incubadora artesanal.
- Establecer el costo de producción de la incubadora artesanal con tecnología Arduino.

Hipótesis

La incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino permitirá obtener hasta un 75% de incubabilidad en huevos de codorniz.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades de la codorniz

Alija (2016) señala que la codorniz es originaria de Europa, norte de África y Asia introducida en japon en el siglo XI, donde fue cruzada con especies nativas salvajes dando como resultado a la codorniz doméstica.

Merchán *et al.* (2020) manifiestan que la codorniz pertenece al orden de las gallináceas, de la familia de las Phasianidae comprendidas en el género *Coturnix moehr* nombre común codorniz; el primer testimonio sobre la producción de la codorniz doméstica data desde el año 1200 DC, actualmente la explotación es utilizada para la producción de carne y huevo de una forma intensiva, ocupando el segundo lugar de producción después de la industria tradicional del pollo.

1.2. Postura de las codornices e importancia de la alimentación

Según Hurtado *et al.* (2017), una codorniz en su madurez produce un huevo cada 22 horas con un nivel alto de proteína y bajo colesterol, con una producción anual de 290 huevos.

Una buena alimentación es aquella donde están todos los nutrientes presentes en las proporciones necesarias para que las codornices se desarrollen y puedan producir huevos de buen tamaño y calidad; la deficiencia de estos nutrientes retrasa el desarrollo del ave, disminuye la postura y puede provocar que sea débil ante enfermedades, por lo que para ayudar a suplir estas deficiencias se debe suplementar otros alimentos ricos en proteínas como la harina de soja, girasol, hueso y conchilla que aportan calcio y fósforo (Perdomo *et al.*, 2019).

Las codornices de todas las variedades en especial las ponedoras necesitan una buena alimentación y nutrición, no solo para que su vida sea extensa, sino para remediar los desgastes nutricionales obteniendo huevos de calidad para la incubación o el consumo (González, 2017).

1.3. Manejo de la codorniz

La codorniz adulta comienza su etapa de postura a las cinco semanas de edad, tiempo adecuado para la producción, la cual su lugar necesita ser totalmente desinfectado eliminando gérmenes y bacterias dentro del galpón, estas actividades tienen como finalidad acostumar a las codornices a su ambiente evitando problemas de mortalidad (Pushug, 2017).

1.3.1. Influencia de la temperatura en la crianza de las codornices

Mendonça (2017) expresa que las condiciones de crianza son un factor que influye positiva o negativamente, ya que a una elevada temperatura las codornices comen menos lo que afecta el tamaño del huevo y su fertilidad.

1.3.2. Edad de reproductores

Existen diversos estudios que demuestran que el peso de los huevos y el porcentaje de eclosión tienden a ser menores al iniciar y al finalizar la postura, ya que en aquellas épocas las hembras bajan su producción y los machos disminuyen su capacidad de fecundación debido a una menor motilidad de esperma que ocasiona baja fertilidad en los huevos; por lo que, las codornices deben ser aprovechadas en su etapa de reproducción dentro de un lapso de ocho meses (Valladares *et al.*, 2016).

1.3.3. Relación macho / hembra

Salazar (2016) señala que las codornices macho cuentan con la capacidad especial de aparearse con distintas hembras, por lo tanto, la relación macho-hembra debe ser de 2 a 5 por cada uno para obtener buenos resultados de fertilidad.

1.4. La incubación

Apac (2019) manifiesta que es mediante el uso de una máquina donde se puede simular el método racional de incubación de huevos manteniéndolos calientes con apropiada temperatura y humedad para un desarrollo adecuado de los embriones; para el efecto existen modelos de incubadoras para fines domésticos y para grandes instalaciones de extracción sintética de aves.

En la incubación sintética se necesitan tres parámetros necesarios para obtener la eclosión de huevos temperatura, aireación y humedad, la cual se realiza desde la época antigua; Aristóteles escribió en el año 400AC que los egipcios incubaban huevos en pilas de guano, mientras que los chinos desarrollaron la incubación industrial por el año 246 AC (Balconi, 2016).

Explica el autor antes mencionado, que inicialmente las primeras incubadoras fueron desarrolladas en Europa como armarios calefactores utilizando tubos dentro de los cuales circulaba licor caliente para proveer las condiciones ambientales y que el embrión se desarrollara dando como resultado el nacimiento de las aves.

1.4.1. Tiempo de incubación

La incubación de codornices tiene un período de 17 a 18 días dependiendo del manejo y cuidados; los huevos de codornices sean de cualquier variedad se pueden someter en cualquier tipo de incubadoras y al utilizar otras se recomienda modificar la bandeja acorde al tamaño del huevo (Montenegro, 2020).

1.4.2. Características del huevo en la incubación

Herrera (2019) detalla la incubación de huevos fértiles de codorniz durante su proceso:

- **Día 0:** se aprecia perfectamente la yema y la albumina (clara).
- **Día 3:** empiezan a apreciarse los primeros vasos sanguíneos.
- **Día 4:** el corazón ya se ha formado y empieza a latir.
- **Día 5:** el embrión comienza a desarrollarse con gran actividad y aumenta su tamaño.
- **Día 8:** se puede notar que el embrión ha madurado significativamente.
- **Día 10:** en este día del ciclo de incubación el embrión ya se encuentra totalmente maduro.
- **Día 11:** el aparato digestivo empieza a madurar ya que es el último en desarrollarse dentro del proceso.
- **Día 12 al 18:** estos días son claves en la incubación, 3 días antes del nacimiento se suprime el volteo de los huevos, pero la temperatura no debe disminuir y se necesita elevar la humedad relativa para facilitar la eclosión.

1.5. Ambiente de incubación

1.5.1. Temperatura e importancia

Gutiérrez *et al.* (2018) recomiendan que para la incubación de codornices la temperatura es de 37.5 °C o 100 °F. Calentar los huevos de forma artificial produce un intercambio de calor entre los huevos, consiguiendo la temperatura ambiental adecuada, siendo un factor fundamental en el proceso de incubación (Ganazhapa, 2017).

De acuerdo con Casarejo (2019), la regulación de la temperatura es de esencial importancia; por lo tanto, las variaciones de temperatura disminuyen el porcentaje de éxito dando lugar a deformaciones graves y la pérdida del embrión.

1.5.2. Humedad

Según Navarro (2018), la humedad es un parámetro importante para la incubación de huevos, se necesitaría que contenga en su interior un 45% de humedad durante 15 días y 65% a los 3 últimos. La humedad relativa debe ser por lo menos hasta un 70% durante todo el ciclo de la incubación (Rivera, 2019).

1.5.3. Regulación para la humedad

Moreira (2018) da a conocer que existen numerosos problemas de nacimientos que no ha sido controlada debidamente; por lo tanto, se necesita la ayuda de un sensor que permita medir para aplicar ciertos métodos y mantener el nivel adecuado. El control se consigue utilizando recipientes con agua que cubran el 2/3 del fondo de la incubadora o también usar un humidificador que brinde un mejor rendimiento (Proaño, 2017).

1.5.4. Ventilación

Durante el desarrollo del embrión se requiere más oxígeno, la renovación de oxígeno es esencial para la eliminación de aire caliente e incorporación de aire fresco dentro de la incubadora (Aké *et al.*, 2016). Durante el periodo de incubación sucede un intercambio de gases constantes desde el interior al exterior se intercambia el dióxido

de carbono y del exterior al interior el oxígeno, esto permitirá el desarrollo de toda la estructura metabólica del embrión hasta la formación definitiva (Alvarado, 2019).

1.5.5. Volteo

Tobar *et al.* (2020) describen que el volteo permite la salida de gases dentro y entre los huevos con el ambiente exterior, esta parte es crítica especialmente durante la primera semana de incubación debido a la distancia extensa entre el embrión y la cáscara.

1.5.6. Miraje

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2016) señala que la finalidad del miraje es detectar los huevos con embriones muertos de forma precoz; por lo tanto, estos deben ser eliminados evitando una excesiva humedad en la cámara de incubación y contaminación, el miraje se realiza a los 7 días; comúnmente se utiliza una luz LED donde se puede observar el interior del huevo y poder descartar con facilidad.

1.6. Características y manejo del huevo de codorniz

1.6.1. Estructura y Tamaño del huevo de codorniz

El huevo de codorniz está compuesto por la yema 42.03%, clara 46.01%, membranas 1.4% y cascara 10.2% (Villacis, 2016).

Grimaldos (2020) menciona que los huevos de codorniz tienen un peso que va desde los 2 gr hasta los 15 gr, se considera que el peso normal para la incubación desde 11 a 13 gr incluyendo el grosor de la cáscara y su resistencia.

El mismo autor aclara que las dimensiones de un huevo de codorniz son de un diámetro de 3.14 mm y una desviación de 0.12 mm, por lo tanto, el diámetro transversal tiene las medidas de 2.41 mm y la desviación es de 0.24 mm.

1.6.2. Composición proteica y mineral del huevo de codorniz

La yema contiene agua 73.4%, proteínas 15.6% y grasas un 11% lo cual en lípidos existe un 60%, de fosfolípidos 35% y esteroles 5% (Forero *et al.*, 2016).

La clara se divide en 4 porciones, contiene la clara fina en proporción de 20%, clara gruesa 30%, chalazas que viene a ser la capa que recubre a la yema y la capa chalasifera. en si la clara contiene un alto valor nutritivo y sirve como amortiguador para el embrión (Buenaño, 2016).

Rivera (2019) menciona que el huevo de codorniz posee 158 Kcal de energía en su totalidad, las vitaminas que posee el huevo de codorniz contienen 300iu de vitaminaA, vitamina B1 contiene 0.12 mg, 0.85 mg de vitamina B2 y ácido nicotínico 0.10 mg.

Su Composición mineral está representada por: calcio 0.08%, fósforo 0.22%, cloro 0.13%, potasio 0.14%, sodio 0.13%, azufre 0.19%, hierro 0.031%, manganeso 0.33%, cobre 1.86%, yodo 0.09% y magnesio 0.04% (Ramírez *et al.*, 2018).

1.6.3. Tipos de huevos

Según Pino *et al.* (2018), existen dos tipos de huevos para obtener una buena elección al momento de incubar:

- **Huevos infértiles:** también llamado estéril y se lo puede reconocer observando que en el centro de la yema se divisa un disco embrionario donde se encuentra una acumulación de sustancia blanca transparente poco notoria (Reyes, 2015).
- **Huevos fértiles:** se lo puede reconocer observando que en el centro de la yema se divisa un anillo embrionario y una acumulación de sustancia blanca muy notoria donde alberga el embrión (Rodríguez *et al.*, 2017).

1.6.4. Manejo del huevo fértil y almacenamiento

Vélez (2018) expresa que un huevo fértil es un componente vivo; por lo tanto, en la selección de huevos se debe evitar roturas y probabilidades de contaminación, la asepsia se realiza de dos formas aplicando el lavado o raspado y la desinfección que tiene como objetivo eliminar la cantidad de bacterias alojadas en la cáscara, imposibilitando los gérmenes patógenos como la salmonella contaminen el huevo fértil.

Romero (2016) considera que el almacenamiento de huevos fértiles a temperatura ambiente debe ser menor a 7 días por lo que la calidad del componente embrionario disminuye; por lo tanto, existe otro procedimiento para aumentar la supervivencia de vida del embrión sometiéndolo a una temperatura de 10 a 15 grados centígrados aumentando la vida del embrión hasta 30 días.

1.7. Porcentaje de incubabilidad y fertilidad

El éxito de una incubación requiere que se mida la capacidad del huevo fértil dentro de la incubadora en el nacimiento, esto se puede calcular con la siguiente ecuación matemática (Zamora, 2020).

$$\% = \frac{\# \text{ nacidos vivos}}{\# \text{ de huevos introducidos}} \times 100$$

La fertilidad prueba la aptitud de la activación del embrión dentro del huevo, cabe recalcar que se debe tomar en cuenta los que nacieron y los que no lo lograron, empleando el siguiente cálculo matemático que sirve como requisito para obtener la eficiencia de una incubadora (Moreira, 2018).

$$\% = \frac{\# \text{ de huevos fértiles}}{\# \text{ de huevos introducidos en la incubadora}} \times 100$$

1.8. Importancia de los componentes de una incubadora

1.8.1. Característica de una incubadora comercial

Erazo (2016) señala que las incubadoras industriales o comerciales se han desarrollado con tecnología de punta las cuales facilitan un mejor monitoreo a través de una computadora integrada que ayuda al control de los componentes electrónicos para todas las funciones se realicen de forma automatizada.

1.8.2. Energía calórica de una incubadora

García (2016) señala que para llegar a la temperatura deseada en una incubadora se utilizan resistencias eléctricas, en la actualidad es la más usada para brindar calor; por otro lado, existen incubadoras artesanales donde la principal fuente de luz y calor es una bombilla de alto voltaje el cual proporciona energía térmica.

1.8.3. Termostato

Calderón (2017) indica que el termostato es un elemento muy esencial ya que esta encargada de medir y regular la temperatura dentro de la cámara de incubación.

El termostato ayuda a tener una medida exacta sobre la temperatura, dando la orden automática del funcionamiento de la fuente de calor (Cruz, 2018).

1.8.4. Termómetro

El termómetro puede ser de dos tipos: mercurio y digital, ambos se lo colocan dentro de la incubadora para verificar si la temperatura se encuentra estable, la diferencia es que el digital solo se introduce una sonda o sensor dentro de la cámara de incubación (Erazo, 2016).

1.8.5. Sistema de Volteo

El volteo de los huevos es de mucha importancia, se realiza 4 veces al día cada 5 horas en la incubadora, se suspende este proceso 3 días antes de la eclosión para que las aves nazcan con éxito (Mendoza *et al.*, 2018).

1.9. Sistema Arduino

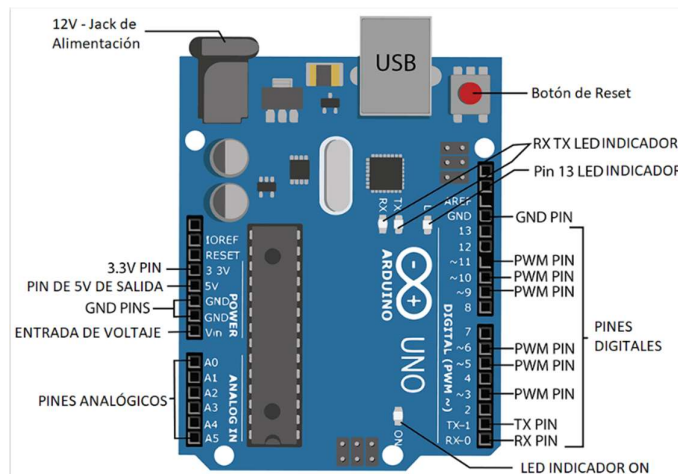
Arduino es una plataforma electrónica que permite la creación y evaluación de modelos inspirados en software y hardware, son fáciles de usar y programar. Se utiliza un lenguaje de programación dando la orden para el manejo correcto de cada uno de los componentes del prototipo y poder realizar sus funciones de manera autónoma (Franco, 2016).

Rodríguez (2016) define que el Arduino es un sistema inteligente, tiene infinitas aplicaciones y poseen microcontroladores para procesos automáticos, son muy sensibles y al utilizarlos evitan daños. Para mejorar su desempeño se colocan circuitos de forma auxiliar manteniendo este sistema libre de daños externos.

La tarjeta Arduino tiene todos los implementos necesarios para abastecer al microcontrolador, es necesario utilizar un computador para programarlo y activar la función automatizada (Figueroa, 2015).

1.9.1. Elementos que conforma una placa Arduino UNO

Hidalgo (2015) las partes de una placa Arduino se compone por las siguientes secciones: Jack alimentador, reset, indicadores LED, pines digitales, pines analogicos, pines de salida y entradas de voltaje (Figura 1).



Fuente: (Hidalgo, 2015)

Figura 1. Tarjeta Arduino UNO y sus partes.

1.9.2. Aplicación del sistema arduino en el campo agropecuario

Muñoz (2020) declara que una de las áreas donde se ve involucrado el sistema arduino es en la agricultura de precisión que consiste en el uso de componentes tecnologicos tales como: drones, sensores de proximidad, sensores de temperatura y camaras termicas esto ayuda a obtener información detallada de las condicones ambientales, orientación y topografía del cultivo.

Guijarro *et al.* (2018) plantearon diseñar un sistema de riego automático combinando recursos de hardware y software libres, para calibrar la humedad y el aire de la tierra ya que forman un ecosistema en un huerto, donde se añadió microcontroladores que actuaron como centro de mandos para suministrar el agua y su dosificación manteniendo la planta hidratada; por lo tanto, este sistema utiliza la tecnología del bluetooth con una aplicación móvil donde establece un canal estático hacia el microcontrolador permitiendo enviar y recibir señales creadas por los sensores logrando obtener un trabajo automatizado.

Ruiz (2016) realizó un trabajo con el ganado bovino donde estuvieron involucradas variables fisiológicas tales como: ritmo cardiaco y temperatura corporal, también la ubicación geográfica del animal en tiempo real. Este sistema utilizó redes inalámbricas GSM/GPRS para obtener información mediante mensajes de texto a través de un dispositivo móvil, en el que se utilizó el Arduino como componente principal que estuvo estructurado con una fuente de alimentación, sensores, transmisores de ondas de radio y memorias.

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del ensayo

La evaluación se realizó en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena barrio los Sauces ubicado a 26 msnm, con latitud $2^{\circ} 13' 51.90''S$ y longitud $80^{\circ} 52' 10.40''O$ desde mayo 2020 a febrero del 2021 (Figura 2).

Las condiciones climáticas presentaron temperaturas de $17^{\circ}C$ a $28^{\circ}C$, humedad relativa 75%, luminosidad de 12 a 13 horas luz/día, 111 mm de precipitación en época de lluvia y 0.3 mm en tiempo soleado Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - (INAMHI 2020).



Fuente: Google Earth

Figura 2. Lugar donde se realizó la investigación.

2.2. Materiales y equipos

Los materiales utilizados para el ensamblaje de la incubadora y sistema Arduino se detallan en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Materiales del cuerpo de la incubadora.






















						
Tanque metálico	Playwood	Vidrio	Tornillo de presión	Aislante térmico	Papel aluminio	Pintura esmalte

Tabla 2. Materiales electrónicos del sistema Arduino de la incubadora artesanal.

						
Tarjeta Arduino Uno	Cable de datos USB	Cables de conexión jumpers	Protoboard	Resistencia 5,6 k-ohmios 330 ohmios 1 k-ohmio	Pulsador	Pantalla LCD 16X2
						
Relevador	Sensor de temperatura y humedad DTH-11	Ventilador de 12 voltios	Motor eléctrico	Boquilla de cerámica	Bombilla de 110 voltios	Humidificador

2.2.1. Materiales de recolección de datos

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Cuaderno
- Linterna LED

2.2.2. *Materiales informáticos*

- AutoCAD
- TinkerCAD
- Software Arduino

2.2.3. *Material biológico*

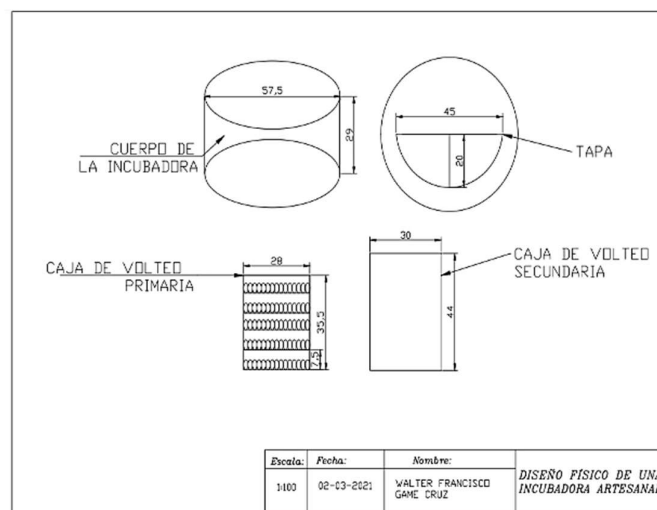
En esta evaluación se utilizó huevos de codorniz japónicas de aproximadamente 12 meses de edad, con proporción 5/1 (5 hembras por 1 macho en jaulas separadas) para mejorar la fertilidad de los huevos escogidos para cada ensayo.

2.3. Desarrollo del experimento

Para el experimento se consideró las siguientes fases:

2.3.1. *Fase 1: diseño y ensamblaje de la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino*

El diseño mecánico de la incubadora artesanal fue elaborado con todas sus particularidades técnicas utilizando AutoCAD, un modelo con una capacidad máxima de 70 huevos de codorniz (Figura 3).



Fuente: AutoCAD

Figura 3. Diseño de la incubadora artesanal en AutoCAD.

2.3.2. Ensamblaje de la incubadora artesanal

La incubadora artesanal fue construida por un grupo de estudiantes de tercer semestre período 2019-1 por la asignatura de Física de Fluidos y Electromagnetismo impartida por el docente Ing. Miguel Ángel Lema Carrera, MSc quienes realizaron los siguientes pasos para el ensamblaje de un prototipo de incubadora artesanal (Figura 4):

- 1) Se procedió a cortar un tanque de metal de 57.5 cm de diámetro con una altura de 29 cm.
- 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 5 mm de grosor cortándola de forma circular de un diámetro de 57.5 cm.
- 4) Dentro de la tapa de la incubadora se realizó un agujero tipo media luna de medidas 45 cm de largo y de ancho de 20 cm, posteriormente se colocó un vidrio de 3 mm de grosor con las mismas medidas sellado con silicona industrial para facilitar el miraje correspondiente 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) También playwood de 5 mm para realizar las cajas de volteo de huevos con medidas de 30 cm de ancho y 44 cm de largo en la caja secundaria de volteo y en la caja primaria de volteo medias de 28 cm de ancho y 35.5 cm de largo, dividida con 5 galerías de 7.5 cm de ancho que albergaron 14 huevos de codorniz por compartimento.
- 8) Se pintó la parte exterior de la incubadora artesanal con pintura esmalte blanco.

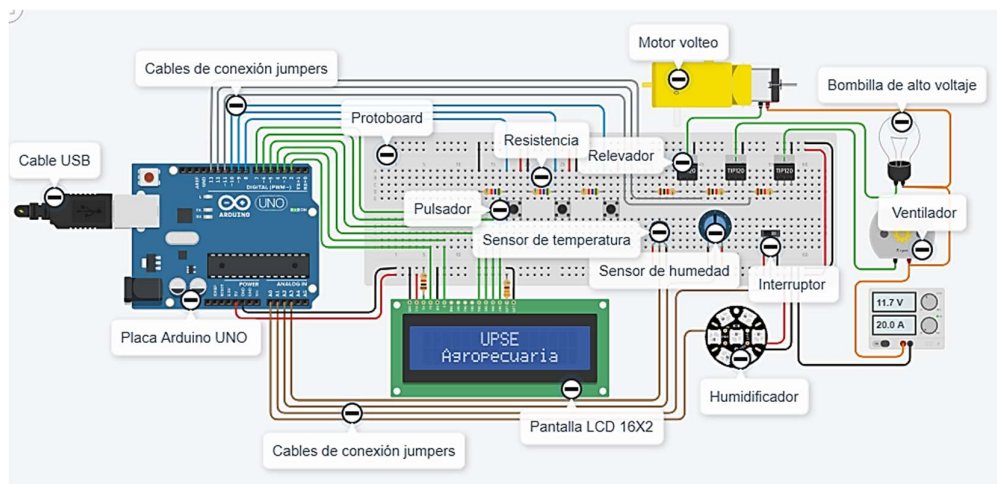


Fuente: Autor

Figura 4. Estudiantes del tercer semestre periodo 2019-1 ensamblando la parte mecánica del prototipo de incubadora artesanal.

2.3.3. *Diseño electrónico del sistema Arduino de la incubadora artesanal*

El sistema Arduino fue diseñado características técnicas utilizando el programa TinkerCAD, un diseño electrónico capaz de controlar y establecer una buena condición ambiental dentro de la incubadora (Figura 5).



Fuente: TinkerCAD

Figura 5. Diseño electrónico del sistema Arduino.

2.3.4. *Funciones de los componentes del sistema Arduino*

Se implementó el sistema Arduino en el prototipo de incubadora artesanal lo cual se detalla la función de cada uno de sus componentes:

- **Tarjeta Arduino UNO:** es una placa que está establecida por un microcontrolador ATMEGA, compuesta por circuitos integrados y tiene como función grabar instrucciones utilizando un lenguaje de programación.
- **Cable de datos USB:** es un conector que permite enlazar diferentes elementos electrónicos, el cual se utiliza como abastecedor de energía a la placa Arduino o también para instalar la programación desde una computadora.
- **Cables de conexión jumpers:** también llamado saltador, el cual es un mecanismo que permite cerrar circuitos electrónicos de dos tipos de conexiones; este tipo de cable se utiliza en el tablero protoboard estableciendo la conexión de elementos integrados.
- **Protoboard:** esta placa posee orificios conectados electrónicamente siguiendo patrones horizontales y verticales, utilizada para realizar ensayos de circuitos electrónicos.
- **Resistencias para pulsadores de 5,6 k-ohmios:** este componente se encuentra en todo circuito electrónico cerrado, sirve para dar oposición al exceso de flujo de electricidad.
- **Resistencia para luces de 330 ohmios:** interactúa en un circuito electrónico cerrado que frena la circulación de sobrecarga de energía eléctrica.
- **Resistencia para LCD de 1 k-ohmio:** permite contener y mantener en estado neutro el flujo de energía que pasa al componente electrónico.
- **Pulsadores:** es un dispositivo que tiene como principal función desviar o interrumpir el recorrido de la corriente eléctrica a un aparato electrónico para que encienda o apague.
- **Pantalla LCD 16X2:** es un pequeño dispositivo que contiene cristal líquido con 2 filas de dieciséis caracteres en cada uno, que se utiliza para visualizar la información alfanumérica de los componentes electrónicos.
- **Relevadores:** también llamados relé, el cual es un componente electromagnético que funciona como interruptor intervenido por una fuente

eléctrica, que utiliza una bobina y un electroimán, la que se acciona en varios impactos que permiten abrir y cerrar los circuitos electrónicos independientes.

- **Sensor DHT11 de temperatura y humedad:** funciona de manera digital midiendo electrónicamente la temperatura y humedad relativa, equipada con un pin de datos que le permite mostrar sus resultados en un dispositivo electrónico compatible.
- **Ventilador de 12 voltios:** su característica principal es distribuir aire de manera uniforme nivelando las temperaturas deseadas.
- **Motor eléctrico:** posee dimensiones pequeñas de fácil uso que tiene un movimiento circular de 360 grados, que permite el movimiento de la caja principal de volteo.
- **Boquilla de porcelana:** diseñada para resistir altas temperaturas y sirve como conector compatible para focos incandescentes.
- **Foco incandescente de 110 voltios:** es un artefacto de alta luminosidad y la característica principal es su fuerte poder calórico.
- **Humidificador marca AIRINOVATIONS:** su principal función es esparcir vapor de agua para aumentar o llegar a los niveles de humedad relativa en el aire.

2.3.5. Funcionamiento de la incubadora

2.3.5.1. Mandos

Para que la incubadora funcione automáticamente es necesario conectarla a corriente eléctrica, lo cual activará la placa Arduino, el motor de volteo, la fuente calórica, el ventilador y los sensores.

Se utilizó un software de códigos informáticos especializado del sistema Arduino para calibrar la incubadora y enviar la orden de operar o modificar temperatura, humedad, ventilación y tiempos de volteos.

2.3.5.2. Procedimientos para el uso de la incubadora

- Se la ubicó en una mesa plana a una altura superior a 50cm.
- Se evitó colocar objetos como manteles que puedan tapar orificios de aireación.

- Se desinfectó la incubadora antes de realizar los ensayos.
- Se utilizó el humidificador y recipientes de aluminio con agua para regular la humedad relativa deseada.
- Se precalentó la incubadora un día antes y se calibró hasta tener la temperatura y humedad para cada ensayo.
- Se colocaron los huevos fértiles previamente limpios y seleccionados en la incubadora.
- Se observó periódicamente la incubadora para verificar si el sistema estuvo funcionando correctamente y que mantenga las condiciones ambientales deseadas.

2.3.6. Fase 2: proceso de preparación de incubadora, selección y limpieza

- a) Se procedió a desinfectar la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino con agua agregando solución de cloro 1 ml por litro.
- b) Posteriormente se realizó la calibración y precalentamiento, el mismo que se realizó 2 días antes de ingresar los huevos; esta calibración se efectúa utilizando un software instalado en una computadora para poder enviar órdenes mediante códigos informáticos a la placa Arduino UNO para que realice el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema.
- c) Se realizó la selección de huevos para la incubación estos contenían un peso entre 11 a 13 gr, un cascaron de coloración típica, brillante y liso, los huevos no considerados para la incubación tenían manchas de heces o de sangre o que tengan un peso inferior al deseado.
- d) Una vez seleccionado los huevos se realizó la limpieza en seco, donde se utilizó un cepillo de dientes previamente desinfectado, como objetivo de eliminar las pequeñas partículas de suciedad que no se puedan ver.



Fuente: Autor

Figura 6. Preparación de la incubadora.

2.3.7. Fase 3: inicio de la incubación

Se colocaron los huevos en la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino, una vez que se cumplió con los siguientes parámetros ambientales y mecánicos para una adecuada incubación (Figura 7):

- **Temperatura:** la temperatura con la que se trabajó durante los ensayos fue de 37,5 °C o 100 °F.
- **Humedad:** tuvo lugar constante con la ayuda de un humidificador con un rango entre 50% a 60% durante todo el proceso de incubación en cada ensayo.
- **Volteo:** fue realizado automáticamente por el sistema electrónico de la incubadora con la ayuda de un motor en un periodo de 4 movimientos diarios cada 5 horas.



Fuente: Autor

Figura 7. Inicio de la incubación.

2.4. Variables para evaluar

Las variables experimentales para evaluar la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino son:

2.4.1. Incubabilidad o Eclosión total

Zamora (2020) señala que 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 los huevos introducidos a la incubadora y multiplicado por cien, por lo cual la eclosión hace referencia al éxito de la incubación.

$$\text{Eclosión total} = \frac{\# \text{ nacidos vivos}}{\# \text{ de huevos introducidos}} \times 100$$

2.4.2. Eficiencia de incubadora

Es otra forma donde se puede medir el éxito de una incubadora corresponde a la diferencia entre la fertilidad y el porcentaje de nacimientos, lo ideal es llegar al 80 u 85% para comprobar que es eficiente utilizando la siguiente fórmula matemática NSF (nacidos sobre fértiles) de acuerdo con Vélez (2018).

$$\text{NSF} = \frac{\text{Eclosión total}}{\text{Fertilidad}} \times 100$$

2.4.3. Medición de desarrollo embrionario/ día

Se demostró los diferentes estados de cambio embrionario durante los 18 días de incubación, observando día a día mediante ovoscopia los cambios que presenta el interior del huevo incubado en cada etapa y se procedió a tomar distintas fotografías evidenciando el proceso.

2.4.4. Análisis económico

Se realizó el costo de producción de los materiales que se utilizaron para el ensamblaje de la incubadora artesanal y para la implementación de la tecnología Arduino.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Incubadora artesanal prototipo para huevos de codorniz ensamblada con tecnología Arduino

El prototipo de incubadora artesanal se ensambló con los materiales mecánicos y electrónicos como se muestra en las Figuras 8 y 9. La estructura de la incubadora logró mantener los parámetros regulados por el sistema Arduino para lograr una condición ambiental favorable al momento de la incubación.



Figura 8. Vista externa (A) e interna (B) del prototipo de incubadora artesanal.

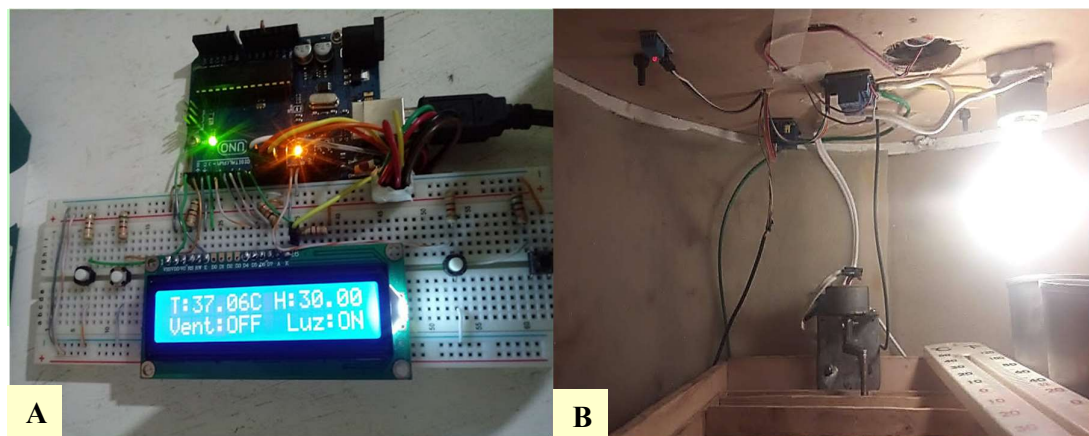


Figura 9. Componentes electrónicos externos (A) e internos (B) del sistema Arduino en el prototipo de incubadora artesanal.

3.2. Porcentaje de huevos eclosionados y eficiencia de incubadora.

La cantidad de huevos introducidos en la incubadora y la suma de huevos fértiles e infértiles, huevos nacidos vivos los detalla la Tabla 3 y la Tabla 4 especifica los promedios de eclosión total y eficiencia de los resultados obtenidos en el prototipo de incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino. Debido al resultado de pocos huevos infértiles el manejo fue eficiente utilizando la relación hembra - macho de 5/1, reportado por Salazar (2016).

Tabla 3. Resultados de la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino.

Ensayos	Huevos introducidos en la incubadora	Huevos infértiles	Huevos fértiles sin cumplir el objetivo	Nacidos vivos
1	70	5	20	45
2	70	10	5	55
3	70	2	8	60
Total	210	17	33	160

Tabla 4. Promedios de la evaluación en la incubadora de eclosión total, fertilidad y eficiencia (%) en la incubadora.

Ensayos	Eclosión total (%)	Fertilidad (%)	Eficiencia (%)
1	64.29	92.85	69.24
2	78.57	85.71	91.67
3	85.71	97.14	88.24
Promedio	76.19	91.90	83.05

Los resultados logrados en esta investigación son cercanos a los que reportó Reyes (2015), al obtener un valor de 79.36% en eclosión total y una eficiencia de 81.88% al evaluar una incubadora artesanal.

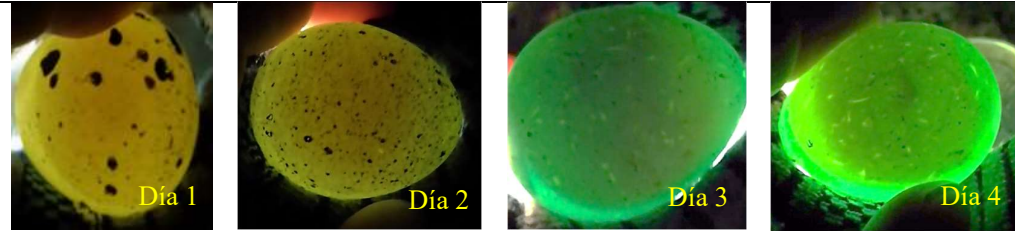
Álvarez (2007) obtuvo un resultado superior con un 87.5% de eclosión total y una eficiencia del 90% evaluando también una incubadora artesanal. De igual forma Vargas (2015) obtuvo resultados superiores con un 85.33% en eclosión total y eficiencia 93.71%.

Así mismo Galíndez *et al.* (2009) reporta resultados inferiores con un total de 42.3% eclosión total y una eficiencia de 53.73%.

3.3. Evolución y desarrollo del embrión mediante ovoscopia

La ovoscopia se realizó con la ayuda de una luz LED para observar el desarrollo embrionario en su interior, se documentó día tras días hasta el nacimiento tal como se muestra en las Tablas 5, 6 y 7.

Figura 10. Día 1 al 4 de incubación.



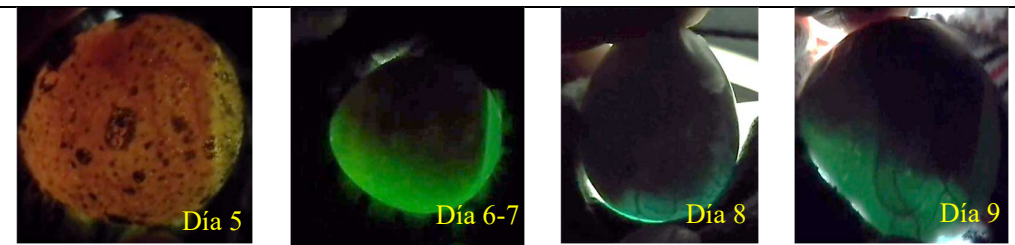
Día 1. Las 24 horas de incubación el huevo no presenta cambios en su interior; se aprecia perfectamente la yema y la albumina o clara.

Día 2. Se presentan los primeros cambios se visualiza la cámara de aire y la yema en la parte central del huevo, demostrando que es un huevo fértil donde empezara a desarrollarse el embrión.

Día 3. Se presentan los primeros vasos sanguíneos, inicia la circulación de sangre.

Día 4. El corazón toma forma y empieza a latir, se observan los primeros movimientos.

Figura 11. Día 5 al 9 de incubación.



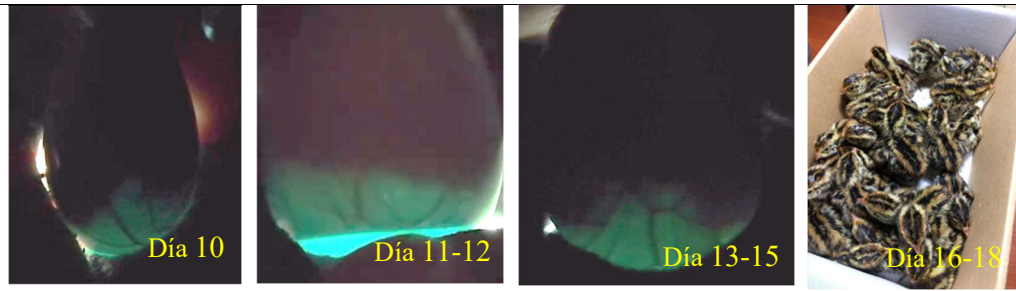
Día 5. El embrión empieza a desarrollarse con una gran actividad, aumentan la cantidad de los vasos sanguíneos se visualiza más movimientos dentro del huevo.

Día 6-7. Toma inicio del proceso de maduración donde el embrión sigue aumentando de tamaño, en este estado empieza a desarrollarse sus extremidades superiores e inferiores.

Día 8. El embrión continúa madurando y creciendo, las partes de su cuerpo siguen su curso como sus alas y piernas, el cuello toma un leve estirón y el cerebro se ubica perfectamente en su cavidad.

Día 9. En esta etapa es donde aparecen las garras en las patas del ave que se está formando en el huevo.

Figura 12. Día 10 al 18 de incubación.



Día 10. El embrión se encuentra totalmente maduro donde las fosas nasales presentan aberturas estrechas, crecimiento de los parpados, extensión distal de las extremidades y aparición de plumaje.

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.

Las observaciones son de gran similitud a lo que reporta Espinoza (2018), quien obtuvo resultados similares en el proceso de ovoscopia con luz evaluando una incubadora artesanal con un sistema de similares especificaciones técnicas.

3.4. Costo de producción

En los siguientes numerales se detallan los costos del sistema mecánico de la incubadora artesanal y los costos del sistema electrónico Arduino.

3.4.1. Costo de los materiales del sistema mecánico de la incubadora artesanal

El costo de los materiales mecánicos utilizados para ensamblar el prototipo de incubadora artesanal se los detalla en la Tabla 8, un total de gastos de US \$ 24.75.

Tabla 5. Costos detallados de la parte mecánica de la incubadora artesanal.

Material	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Tina metálica	1	10.00	10.00
Playwood	1/2 plancha	5.00	5.00
Tornillos de presión	3	0.50	1.50
Aislante térmico		2.00	2.00
Papel aluminio	1	1.25	1.25
Pintura esmalte	1 l	5.00	5.00
Total			24.75

3.4.2. Costo de los materiales electrónicos del sistema Arduino en la incubadora artesanal

El costo de cada uno de los componentes utilizados en la implementación del sistema Arduino al prototipo de incubadora artesanal detalla la Tabla 9, con un total de US \$ 115.80.

Tabla 6. Costo de los materiales del sistema Arduino en la incubadora artesanal.

Material	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Tarjeta Arduino	1	13.00	13.00
Cable de datos USB	1	1.50	1.50
Cables de conexión jumpers	1	3.00	3.00
Protoboard	1	3.00	3.00
Resistencias	6	0.01	0.06
Pulsadores	4	0.06	0.24
Pantalla LCD 16x2	1	5.00	5.00
Relevador	3	5.00	15.00
Sensor dht11	1	4.00	4.00
Ventilador de 12 v	1	5.00	5.00
Motor eléctrico	1	25.00	25.00
Boquilla de porcelana	1	2.00	2.00
Bombilla de 110 v	6	1.50	9.00
Humidificador	1	30.00	30.00
Total			115.80

3.4.3. Total, gastos de la investigación

El valor total de la investigación incluyendo el consumo eléctrico por la incubadora detalla la Tabla 10. Los costos de inversión son inferiores a los que reporta Sánchez (2016), con un precio de US \$ 290 ensamblando y evaluando una incubadora de similares especificaciones.

Tabla 7. Total, de gastos de la evaluación de una incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino.

	Cantidad	Costo unitario (\$)	Total (\$)
Costo de los materiales del sistema mecánico de la incubadora artesanal		24.75	24.75
Costo de los materiales electrónicos del sistema Arduino		115.80	115.80
Consumo eléctrico	194.4 kW/h	0.09	17.50
Total			158.05

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se logró implementar la incubadora artesanal con tecnología Arduino, lo que permitió el control de los parámetros ambientales para obtener un porcentaje alto de incubación y eclosión de huevos de codorniz.
- Los resultados de eclosión y eficiencia total al evaluar el prototipo de la incubadora rindió en promedio 76.19% y 83.05% respectivamente.
- La evolución del desarrollo embrionario mediante ovoscopia fue documentada y analizada en cada estado de crecimiento del embrión, al evaluar el prototipo de la incubadora artesanal implementada con tecnología Arduino.
- El costo de producción muestra ser favorable ya que está constituida con materiales muy resistentes y de buen rendimiento, convirtiéndose en una alternativa para pequeños productores pecuarios que puedan optar de incubadoras de bajo presupuesto.

Recomendaciones

- Seguir evaluando incubadoras con este sistema para llegar a perfeccionar y así obtener un mejor rendimiento y convertirla en una incubadora autónoma.
- Se recomienda el uso de la tecnología Arduino para intereses agropecuarios ya que está revolucionando el mundo innovando con distintas formas de uso facilitando el trabajo manual automatizándola.
- Incentivar a estudiantes para innovar con más temas tecnológicos de este tipo enfocada en el ámbito agropecuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aké, A., Chimal, L., Hernández, J., Kauil, E., and Náhuat, G. (2016) '*Incubadora automatizada*' Congreso Internacional de Investigación e Innovación, Cortázar, Guanajuato, México. pp 5-6
- Alija, J. (2016) *La codorniz*, Joseanalija. Disponible en: <https://www.joseanalija.com/codorniz/> Consultado: 17/02/2021
- Álvarez, V.C. (2007) *Evaluación de dos tipos de incubadoras artesanales sobre el porcentaje de nacimientos y peso al nacer en aves*. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Alvarado, K. X. (2019) *Desarrollo de un prototipo de control de temperatura de una incubadora de pollos aplicando un sistema de ventilación y rotación de bajo presupuesto*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil.
- Apac, C.N. (2019) 'Los sistemas de Open Hardware Arduino en el control de proceso de incubación de huevos de codorniz, Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Perú', *Revista de Ingeniería e Innovación*, vol. 1, N. 1.
- Balconi (2016) *Incubación artificial de huevos*. Disponible en: <https://redmidia.com/editoriales/incubacion-artificial-huevos-gallina-avicultura-comercial/> Consultado: 17/02/2021
- Buenaño, J. P. (2016) *producción de huevos de codorniz (Coturnix coturnix japónica) utilizando dietas alimenticias*. Tesis de Grado. Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato.
- Calderón, R. (2017) *Desarrollo y caracterización de material compuesto matriz yeso para incubadora de huevos de ave de corral energéticamente sustentable*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Tecnológica de Campeche.

- Casarejo (2019) *parámetros en la incubación artificial de huevos*, finca casarejo. Disponible en: <https://www.fincacasarejo.com/noticias/articulos/parametros-en-la-incubacion-artificial-de-huevos-de-gallina> Consultado: 17/02/2021
- Cruz, C. R. (2018) *Diseño de un prototipo de incubación artificial con sistema de control difuso para la producción de aves de codorniz*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.
- Erazo, B. A. (2016) *Diseño y simulación de una incubadora de huevos para una procesadora de pollos en la terna*. Tesis de Grado. Carrera Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana.
- Espinoza, I.F. (2018) ‘Construcción y evaluación del funcionamiento de un prototipo de incubadora para usos múltiples, Chachapoyas, 2018, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Perú’, *Revista Científica Ciencias Naturales e Ingeniería*, Vol. 2, N. 1.
- Fao, 2016 *Revisión del desarrollo avícola* Primera edición, Ecuador: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Franco, M.G. (2016) *Implementación de robot de vigilancia y seguridad con visión nocturna desmontable aplicando tecnología FPGA como herramienta de laboratorio para adquisición de datos*. Tesis de Grado. Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Figuerola, J.A. (2015) *Prototipo de robot semiautónomo, especializado en fumigación agrícola bajo la tecnología “Arduino”*. Tesis de Grado. Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Forero, N.C., Moncayo, D.C., Cote, S.P., Ospitia, A.C., Espitia, L.S. (2016) ‘Evaluación de la estabilidad del huevo de codorniz en conserva con sales y conservantes orgánicos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia Bogotá – Colombia’, *Scientina Agropecuaria*, vol. 7.

- Galíndez, R., Vasco, D.B., Martínez, G., Vargas, D., Ustáriz, E., Mejía, P. (2009) 'Evaluación de la fertilidad y eclosión en la codorniz japonesa, Universidad Central de Venezuela', *Zootecnia Tropical*, Vol. 27, N. 1, pp 7-15.
- García, L.A. (2015) *Estudio de factibilidad financiera para la producción de huevos de codorniz, en el centro de prácticas río verde, Santa Elena*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Ganazhapa Malla, J. C. (2017) *Diseño y construcción de un prototipo de incubación artificial de huevos, con control automático de temperatura y humedad para la Avícola Ganazhapa, en la Parroquia Taquil de la Ciudad de Loja*. Tesis de Grado. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica Chimborazo.
- García, J. (2016) *Aplicación de la energía solar térmica en una incubadora comercial de perdiz roja y supervisión de la actividad biológica mediante sensores inteligentes*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Gonzales, M. F. (2017) *Efecto de tres niveles de harina de alfalfa (Medicago sativa L.), en la alimentación de codornices (Coturnix coturnix japónica), en la fase de postura, comunidad Luis freile, cantón pedro Moncayo- Pichincha*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte.
- Grimaldos, D.O. (2020) *Guía para la producción de huevos y codornices a nivel industrial*. Tesis de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia.
- Gutiérrez, R.G., Carvajalino, R.G. (2018) *construcción de un dispositivo de incubación y nacedero simultaneo para huevos de codorniz en "codornices el zafiro" en la ciudad de Ocaña*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad San Francisco Santander de Ocaña.
- Guijarro, A., Cevallos. L., Preciado, D., Zambrano, D. (2018) 'Sistema de riego automatizado con Arduino', *Revista Espacios*, Vol.39, Pag.27.

- Herrera Cedeño, A. A. (2019) *Alteraciones biológicas del huevo fértil sobre los parámetros de incubación y el rendimiento productivo en pollos Cobb 500*. Tesis de Grado. Carrera Pecuaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Hidalgo Guacho, W.P. (2015) *Diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales biométricas mediante mensajes sms*. Tesis de Grado. Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Hurtado, V.L., Guevara, J.F., Forero, D.J. (2017) ‘Niveles de calcio para codornices en postura, Universidad de los llanos – Colombia’, Orinoquía, *Dialnet ISSN-e 0121-3709*, Vol. 21, N. 2, pp. 46-50.
- INAMHI (2020) *Parámetros ambientales de la provincia de santa elena*, Instituto nacional de meteorología e hidrología del ecuador. Disponible en: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#> Consultado: 06/04/2021
- INEC (2020) *Cada año ecuador aumenta consumo de pollos y huevos*, INEC Ecuador.
Disponible en: <http://www.maizsoya.com/lector.php?id=20200548&tabla=articulos> Consultado: 17/02/2021
- MAG (2019) *Ecuador celebra el día internacional de la carne de pollo*, MAG Ecuador. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-celebra-el-dia-nacional-de-la-carne-de-pollo/> Consultado: 17/02/2021
- Merchán, A., Vergara, V. (2020) ‘Evaluación de un concentrado proteico de subproductos de camal avícola en dietas de postura sobre el comportamiento productivo de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*)’, Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima – Perú’, *Revista Electrónica Scielo*, vol. 31, N. 2.
- Mendoza, G.A., Montero, J.V. (2018) ‘Elaboración de un prototipo de incubadora (v.1.0), mediante el uso de la herramienta Arduino para mejorar porcentaje de nacimiento de los pollitos, Instituto Tecnológico Superior Calazacón’, *TSE DE Revista de Investigación Científica*, vol. 1, N.2.

- Moreira, M. A. (2018) *Influencia de la edad de codornices (Coturnix coturnix japónica) reproductoras en fertilidad, incubabilidad, natalidad y características productivas de la progenie*. Maestría. Escuela de Posgrados Maestría en Producción Animal, Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Montenegro, L.M., Terán Caicedo, N.A. (2020) *Estudio de factibilidad para la creación de microempresa incubadora de producción y comercialización de huevos de codornices*. Maestría. Universidad Politécnica Salesiana.
- Mendonça (2017) *Huevos de codorniz: la nutrición y el medio ambiente influyen en la calidad de la producción*, ICC. Disponible en: <http://www.iccbrazil.com/ovos-de-codorna-nutricao-e-ambiente-influenciam-a-qualidade-da-producao/> Consultado:17/02/2021
- Muñoz (2020) *Agricultura 4.0: la revolución tecnológica llega a nuestra mesa*, Sociedad de Científicos Españoles en Reino Unido. Disponible en: <https://sruk.org.uk/es/agricultura-4-0-la-revolucion-tecnologica-llega-a-nuestra-mesa/> Consultado: 06/04/2021
- Navarro Macedo, J. (2018) *Implementación de una incubadora de huevos de aves para la mejora de la productividad en Tarapoto*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo.
- Perdomo, D.A., Briceño, A., Díaz, C.D., González, D., González, L., Moratinos, P.A., Núñez, E.K., Perea, F.P. (2019) ‘Efecto de la suplementación dietética con harina de morera (*Morus alba*) sobre el desempeño productivo de codornices (*Coturnix coturnix japónica*) en crecimiento, Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA), Universidad de Los Andes, Trujillo – Venezuela, Departamento de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca – Ecuador’, *Revista Electrónica Scielo*, vol. 30, N.2.
- Pino, J.G. Hernández, E.J., Villa, P.M., Gonzales, R.J., (2018) ‘Efecto de diferentes niveles dietéticos de harina de pescado sobre la producción y calidad de huevos de codornices, Universidad Técnica de Machala’, *Revista Cumbres*, vol.4, N.2.

- Proaño, M.F. (2017) *Evaluación de parámetros de incubabilidad en huevos fértiles broiler de tres casas comerciales utilizando una incubadora comercial portátil*. Tesis de Grado. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Pushug, J.F. (2017) *Desarrollo de un prototipo de criadero automático con ambiente controlado destinado a mejorar los índices de producción de huevos en la coturnicultura*. Tesis de Grado. Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Ramírez, F.H. González, J.F., Ramírez, S.E., Gallardo, I.C., Hernández, H.U., (2018) ‘Propiedades funcionales de las proteínas del huevo de codorniz y contenido nutricional, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco’, *Revista Sociedad Rurales Producción y Medio Ambiente*, vol. 35, N.35.
- Reyes, R.R. (2015) *Diseño, construcción y manejo de una incubadora artesanal de huevos en la comuna san Vicente cantón santa elena*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Rivera, J.G. (2019) *Evaluación de la calidad del huevo en codornices japonesas (Coturnix coturnix japónica) a diferentes días de conservación en el CIPCA*. Tesis de Grado. Ingeniería Agropecuaria, Universidad Estatal Amazónica.
- Rodríguez, J.A. (2016) *Aplicación de la inteligencia artificial en el proceso de dosificación y envasado de líquidos*. Tesis de Grado. Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Rodríguez, J.M., Cruz, A.I. (2017) ‘Factores que afectan la incubabilidad de huevo fértil en aves de corral, Universidad de Costa Rica’, *Portal de Revistas Académicas*, vol. 11, N.1.
- Romero, 2016 *cría de codornices* Primera edición, Bogotá – Colombia: Editorial produmodios.
- Ruiz Somoyar, J. A. (2016) *Monitoreo en la ganadería bovina a través de redes GSM/GPRS*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Santo Tomas de Aquino.

- Sablón, N.C, Quilligana, A.V, Romero, A.J, Sandoval, A.M, Manjarrez, N.F. (2017) ‘Comparación del sistema ambiental del Coturniz Coturniz (Codornices) entre la región costa y la región amazónica ecuatoriana’, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, ISSN: 2254-7630.
- Sánchez, M.V. (2016) *Diseño y desarrollo del control de temperatura interna de una incubadora de huevos usando motores y sensores de temperatura*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- Salazar, K.C. (2016) *Evaluación del empadre continuo y rotativo con dos sistemas de suministro de alimento en codornices reproductoras*. Tesis de Grado. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Sosa (2018) *4 factores a tomar en cuenta en la “cría de codorniz” – producción eficiente*. Agro máster. Disponible en: <https://agronomaster.com/cria-de-codorniz/> Consultado: 17/02/2021
- Tobar, J., Molina, P., Vásquez, F. Cedeño, M. (2020) ‘Efecto del volteo y transferencia a la nacedora en la incubación artificial de huevos de codorniz japónica, fundación Dialnet’, *Revista Ciencia e Investigación ISSN 2528-8083*, vol. 5, N.4.
- Valladares, J.P., Estanislao, C.G. (2016) ‘Efectos de la relación hembra: macho y edad de los reproductores en el comportamiento reproductivo de la codorniz japonesa (Coturnix coturnix japónica), Universidad Agraria la Molina Lima – Perú’, *Anales Científicos, ISSN-e 2519-7398*, Vol. 77, N. 1,2.
- Vélez, M.C. (2018) *Acondicionamiento de equipos existentes en la producción de codornices en la finca villa margarita*. Tesis de Grado. Facultad de Diseño Industrial, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Villacis, L.P., Minchala, C.I. (2016) *Evaluación de dos tipos de fitasa sobre la productividad y calidad del huevo en codornices*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencia Agropecuarias, Universidad de Cuenca.

Vargas, J.S. (2015) *Evaluación de parámetros productivos en la incubación de huevos considerados como no aptos (por su peso y forma) procedentes de reproductoras pesadas, en la provincia de Pastaza cantón mera parroquia madre tierra*. Maestría. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Zamora, A.C. (2020) *Efecto de la gravedad específica de huevos incubables sobre el porcentaje de nacimiento y calidad del pollo recién nacido*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego.

ANEXOS



Figura 1A. Inicio del ensamblaje del sistema Arduino en la incubadora artesanal.

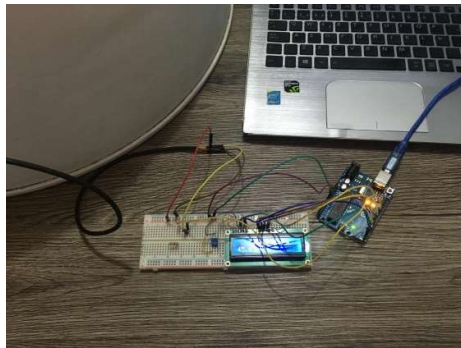


Figura 2A. Adecuación del cableado en el sistema Arduino.



Figura 3A. Pruebas de funcionamiento del sistema Arduino en el prototipo.



Figura 4A. Muerte prematura.



Figura 5A. No nacidos vivos.



Figura 6A. Nacimiento de codornices en la incubadora artesanal.

```

modificacion_11
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 9 // Pin donde está conectado el sensor
#define DHTTYPE DHT11 // Descomentar si se usa el DHT 11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);
const int releventilador = 10;
const int relefoco = 11;
const int motor = 12;
const int botonmotor = 13;
const int botonventilador = 0;
const int botonfoco = 1;
const int manual = 14;
int encender = 0;
int anterior = 0;
int estado = 0;
unsigned long a = 0;
float h = 0;
float temp1 = 0;

void setup() {
  lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" UFSE ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" INCUBADORA ");
}

void loop() {
  lcd.print(" INCUBADORA ");
  delay(500);
  dht.begin();
  pinMode(releventilador, OUTPUT);
  pinMode(relefoco, OUTPUT);
  pinMode(motor, OUTPUT);
  pinMode(botonmotor, INPUT);
  pinMode(botonventilador, INPUT);
  pinMode(botonfoco, INPUT);
  pinMode(manual, INPUT);
  digitalWrite(motor,LOW);//////////
}

void loop() {
  estado = digitalRead(manual);
  if(estado != anterior) // Comparamos el estado actual y el anterior del pulsador
  {
    encender = 1 - encender;
    delay(300); // Evita los rebotes del pulsador.
  }
  anterior = estado; // Actualizamos el estado del pulsador.

  if(encender) // Si el estado interno del pulsador pasa de "LOW" a "HIGH".
  {
    a=a+1;
    delay(14000);
    h = dht.readHumidity(); //Leemos la humedad
    temp1 = dht.readTemperature(); //Leemos temperatura
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(F("Temp:"));
    lcd.print(temp1,0);
    lcd.print(F("°C "));
    lcd.print(F("H:"));
    lcd.print(h,0);
    lcd.print(F("%"));
    if(temp1 >= 38){
      digitalWrite(releventilador,HIGH);
      digitalWrite(relefoco,LOW);
      delay(500);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print(F("Vent:ON LUZ:OFF"));
    }
    if(temp1 < 38){
      digitalWrite(releventilador,LOW);
      digitalWrite(relefoco,HIGH);
      delay(500);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print(F("Vent:OFF LUZ:ON"));
    }
    if(a==4){
      digitalWrite(motor,HIGH);//////////
    }
    if(a==1152){
      digitalWrite(motor,LOW);//////////
      a=0;
    }
  }
}

else // Si el estado interno del pulsador pasa
{
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(F(" Control Manual "));
  h = dht.readHumidity(); //Leemos la humedad
  temp1 = dht.readTemperature();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(F("Temp:"));
  lcd.print(temp1,0);
  lcd.print(F("°C "));
  lcd.print(F("H:"));
  lcd.print(h,0);
  lcd.print(F("%"));
  if(digitalRead(botonmotor)==HIGH)
  {
    digitalWrite(motor,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(motor,LOW);
  }
  if(digitalRead(botonventilador)==HIGH)
  {
    digitalWrite(releventilador,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(releventilador,LOW);
  }
  if(digitalRead(botonfoco)==HIGH)
  {
    digitalWrite(relefoco, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(relefoco, LOW);
  }
}
}

```

Figura 7A. Lenguaje informático del sistema Arduino.