



FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ MANUFACTURE OF A CORN SHELLER MACHINE



FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ

MANUFACTURE OF A CORN SHELLER MACHINE

**Mancheno Cárdenas Germán Patricio¹,
 Ledesma Cruz Bryan Eduardo²,
 Balseca Balseca Orlando Francisco³,**

¹ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, dr_german_patricio@hotmail.com

² Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, ledesmaeduardo0@gmail.com

³ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, orlandobalseca@yahoo.es

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla para construir un prototipo de máquina desgranadora de maíz para facilitar al agricultor realizar este proceso en menor tiempo posible e incrementar la productividad. La máquina está construida para trabajar a 110 voltios, con un motor de ½ Hp determinado en función de la fuerza que requiere para extraer el grano de la mazorca. En base a investigación bibliográfica se determina el mejor sistema desgranador a ser implementado de acuerdo a las variedades y morfología de maíz de la región, para la recolección de 105 quintales de maíz al día, es decir, un rendimiento de 15 quintales cada hora. A través de una investigación de campo, con el método de observación y pruebas experimentales se determina la eficiencia del sistema reduciendo en un 81.5% el tiempo comparado con el proceso manual, así como en el porcentaje de granos en buen estado resultado de automatizar el proceso valorado en un 96.47%. Si se aumenta el número de mazorcas a ser procesada la máquina funcionaría mejor.

Palabras clave: Máquina desgranadora, morfología maíz, sistema desgranador, prototipo, productividad.

ABSTRACT

This research was developed to build a prototype of corn sheller machine to help farmers to carry out this process in a shortest possible time and increase productivity. The machine has built to work at 110 volts, with a ½ Hp motor determined according to the force it requires to extract the grain from the cob. Based on bibliographic research, the best sheller system to be implemented is according to the varieties and morphology of corn in the region, for the collection of 105 quintals of corn every day, that is, a performance of 15 quintals every hour. The efficiency of this system has been shown through field research, with the observation method and experimental tests, reducing by 81.5% the time compared with the manual process, as well as the percentage of grains in good condition resulting from automating the process, valued at 96.47%. If the number of cob to be processed to increased, the machine would work better.

Keywords: Sheller machine, corn morphology, sheller system, prototype, productivity.

1. INTRODUCCIÓN

En referencia con las perspectivas de la FAO¹, la producción de gramíneas en el año 2019 fue de 2 715'000.000 TM² en todo el mundo, un 2,3 % más que en 2018. El trigo y el maíz son la principal fuente de alimentación para el ser humano, están asociados al origen de la civilización y cultura de todos los pueblos, son la materia prima de los cereales. Los países que más producen maíz, valorado en toneladas métricas son EEUU, China, Brasil, la Unión Europea, Ucrania, y Argentina. En el Ecuador durante el 2018, según datos de INEC, a través del sistema ESPAC, señala que para maíz duro se tuvo ventas de 1'232.670 TM a nivel nacional, mientras que para maíz suave reporta ventas de 27.986 TM. [1]

El maíz es un elemento esencial en la gastronomía de la región y del país, tanto para consumo directo, así como sustento para la manufactura de otros productos. La producción elaborada de alimentos en la era actual es cada vez mayor, las normas de control de calidad son cada vez más exigentes, es necesario aumentar la tecnificación de los procesos de producción en el campo. En este sentido, se propone la construcción de una máquina para facilitar el proceso de desgrane de maíz y acelerar el rendimiento del tiempo de producción. Se realiza un análisis de trabajos realizados respecto a los tipos de desgranado, así como del diseño y construcción de máquinas y comparar los sistemas de desgranado manual con el automatizado.

Los pequeños productores realizan el desgranado de manera manual a través del uso del dedo pulgar, con la fricción de dos mazorcas o a través de la trilladura colocando las mazorcas en un costal y golpeándolas con un palo. Otras técnicas de uso cotidiano son el uso máquinas desgranadoras manuales de madera, con grapas, de lámina metálica, y de metal fundido. [2] [3]

En cuanto al diseño y construcción de máquinas desgranadoras de maíz existen algunos estudios expuestos a nivel internacional, que detallan los parámetros necesarios para realizar el diseño. El principal elemento que diferencia cada equipo es como se diseña, construye y de que material está

hecho el cilindro de desgranador. Otro elemento a considerar es la fuerza requerida para separar el grano de la mazorca, se debe realizar el análisis y simulaciones respecto a la acción de la carga en el eje central, para determinar la potencia requerida del sistema. [4] [5]

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La investigación del presente proyecto es aplicada, la cual se desarrolló mediante:

Investigación Bibliográfica.- búsqueda en: libros de ingeniería mecánica, artículos científicos, revistas técnicas, tesis referentes y publicaciones en Internet, orientadas a diseños de máquinas y mecanismos que permitan desprender el grano del zulo de maíz y utilizar la mejor opción. [3] [4] [5]

Investigación de Campo.- A través del método de observación y pruebas experimentales se realiza una comparativa entre el método manual y el automatizado de desgrane. Para determinar la eficiencia del sistema, se procede a comparar el tiempo y la cantidad de granos en buen y mal estado desprendidos del zulo. Se realizarán tres pruebas, desgranado manual y desgranado automatizado de una y tres mazorcas.

Para el desarrollo del proyecto, se requirió seguir una serie de pasos y etapas, que, en conjunto, cumplirán con el objetivo planteado. Cada etapa desempeña una función específica dentro del esquema global, y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, haciendo que la implementación sea un sistema funcional, se puede referenciar estos procedimientos en la **Figura 1**.

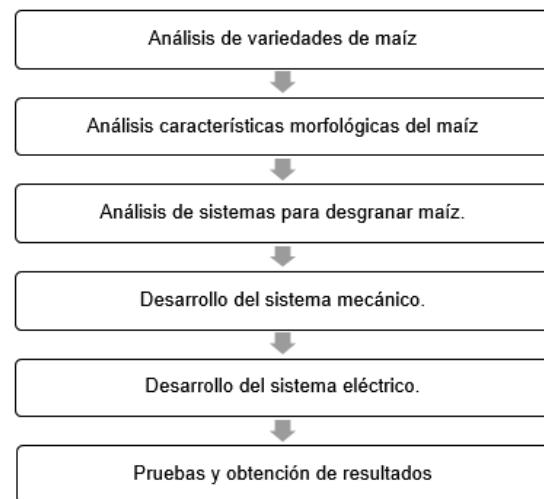


Figura 1. Diagrama de procedimientos

¹ FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

² TM: Toneladas métricas

A. ANÁLISIS DE VARIEDADES DE MAÍZ

La clasificación botánica del maíz es lo reflejado en la Tabla 1:

Tabla 1. Clasificación botánica del maíz. [6]

Detalle	Descripción
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	Zea
Especie:	Mayz
Nombre científico:	Zea mayz L.

El maíz presenta una gran variedad en cuanto al color, textura, composición y apariencia del grano, una clasificación preliminar se puede presentar como: [7]

- a) La constitución del endospermo y del grano
- b) El color del grano
- c) El ambiente en el que se cultiva
- d) La madurez
- e) El uso

B. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL MAÍZ.

Se determina en primera instancia las dimensiones de la mazorca de maíz duro, característico de la Sierra y la Costa, además de la variedad de maíz blanco harinoso, como se expresa en la Tabla 2.

Tabla 2. Características morfológicas de maíz blanco harinoso. [7]

Características	N	Min	Max	Promedio
Longitud de la mazorca (mm)	20	100	165	132
Diámetro de la mazorca (mm)	20	49	72	60
Peso de la mazorca (g)	20	108,45	198,47	165,57
Porcentaje de desgrane (%)	20	68,12	87,56	75,87
Número de hileras de granos	20	10	16	11,7
Número de granos por hilera	20	13	20	18,35
Peso de 1000	4	723,78	789,56	756,31

granos (g)				
Longitud del grano (mm)	20	9	14	12,1
Ancho del grano (mm)	20	8	13	10,8

Los datos físicos del dimensionamiento de la mazorca de maíz se pueden detallar en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos físicos de diferentes tipos de maíz. [5]

Características	Tipos de Maíz			
	Maíz duro (Sierra)	Maíz duro (Costa)	Maíz Suave amarillo	Maíz suave blanco
Diámetro de mazorca Dm(mm)	46-50	46 a 55	46 a 65	49 a 70
Diámetro de zulo Dz(mm)	30-40	35-45	30-40	30-40
Longitud de mazorca Lm(mm)	200 a 250	180 a 250	200 a 250	180 a 250
# de hileras por mazorca	7 a 9	7 a 8	6 a 9	6 a 9
# de granos por hilera	17 a 36	13 a 35	10 a 33	9 a 30
# granos por mazorca	230 a 350	200 a 250	115 a 256	120 a 245

La madurez fisiológica del grano de maíz se verifica cuando la humedad se establece entre un 37% y un 38%. Cuando el grano alcance alrededor de un 28% de humedad se puede realizar la cosecha automatizada, no siendo recomendable que descienda a menos del 15%. [3] [5]

Si los valores son superiores o inferiores a esta escala, los granos se aplastan, se rompen o pulverizan. Para obtener un desgranado eficiente, el grado de humedad del maíz debe estar alrededor del 13 % al 15 % por lo que se debe someter a métodos de secado, uno es dejar la mazorca en la planta y exponerlo a las corrientes de aire a la temperatura ambiente, otro es dejar la mazorca en

la planta y exponerlo a las corrientes de aire a la temperatura ambiente o mediante silos de secado. En la noche la semilla puede absorber agua del ambiente, se recomienda no dejar a la intemperie. Decir que la humedad del maíz es del 13% significa que en una muestra de 100g de producto bruto hay 13g de agua y 87g de materia seca. [3] [5]

El contenido de humedad de los granos se expresa, por lo general, como porcentaje del peso total del grano (base húmeda):

$$\% \text{ en base húmeda} = \frac{PA}{PT} * 100 \quad (1)$$

PA = peso del agua

PT = peso del agua + peso de la materia seca (peso total de grano). [10]

C. ANÁLISIS DE SISTEMAS PARA DESGRANAR MAÍZ

Para determinar el sistema de desgranado de maíz se toma como referencia dos procesos que ejemplifican los pasos a seguir para realizar el trabajo, como se observa en la Figura 2. [3]



Figura 2. Sistemas para máquina desgranadora

D. DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO

Construcción estructura mecánica: Se procede armar el cilindro utilizando una plancha de 2 mm, el cilindro tiene un radio de $R = 190\text{mm}$ y lo largo de 600 mm, como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Estructura, cilindro principal

De un tubo cuadrado de acero, se corta 4 pedazos de 600 mm de largo, en un extremo se realiza un corte semicírculo con ángulo de 135° grados para que este igual que el cilindro sin ningún desperfecto. En el otro extremo, se colocan las bases de 100 x 100 mm, además se añade 2 ruedas móviles y 2 fijas, como se observa en la Figura 4.

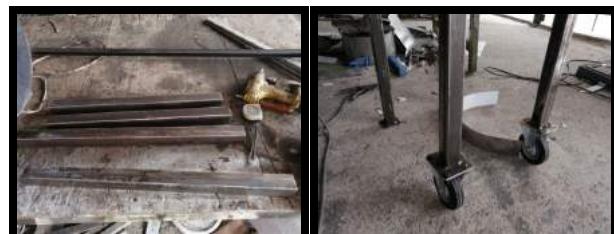


Figura 4. Estructura, base del cilindro

Construcción de la tolva y adecuación del cilindro principal: La tolva tiene una forma piramidal, se acopla al cilindro realizando un corte en la parte superior del mismo; el sistema tiene una capacidad de $\frac{1}{2}$ arroba de maíz, como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Sistema receptor, tolva y cilindro.

Sistema desgranador: Se procede a construir la criba, en la parte inferior del cilindro, se coloca una plancha perforada de un grosor de 2 mm, las perforaciones tienen un radio $R = 6$ mm con una separación de 20 mm en forma horizontal y 30 mm en forma vertical, como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Sistema desgranador, criba

El cilindro desgranador consta de un tubo de 30 mm de diámetro incluyéndose una cadena de 180 mm que va soldado al eje, además de la cadena que sirve para golpear la mazorca y sacar el grano, como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Sistema desgranador, cilindro y cadenas.

Fuente de energía y sistema de transmisión: El sistema posee una fuente de energía eléctrica a 110 V con potencia de $\frac{1}{2}$ HP, colocado en la parte posterior con una base de 240 x 180 mm para evitar vibraciones. El motor se conecta a través de un sistema de transmisión con poleas de 6 pulgadas y 2 pulgadas de un canal y una banda tipo A. Además, se construye la protección para el sistema de transmisión hecha de acero inoxidable, las medidas son de 380 mm de largo, y una semicircunferencia inferior de radio $R = 60$ mm, y una semicircunferencia superior de radio $R = 100$ mm, como se observa en la Figura 8 y Figura 9.



Figura 8. Fuente de energía, motor de $\frac{1}{2}$ HP



Figura 9. Sistema de transmisión y protección

Sistema de separación de producto: Consta de una rampa y una abertura. La rampa está hecha de acero inoxidable con medidas de 510 x 250 x 220 mm, como se observa en la Figura 10. Además, se realiza un corte a un costado del cilindro, para la salida del grano y del zulo, la tapa tiene una medida de 380 x 230 mm, como se observa en la Figura 11.



Figura 10. Sistema de separación de producto, rampa para que evacue el grano.



Figura 11. Sistema de separación de producto, tapa lateral

E. DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema electromecánico consta de: 2 pulsadores, 2 luces piloto, 1 botón de paro de emergencia, 1 selector de 3 posiciones, 1 temporizador digital, 1 breaker, 1 contactor, 1 relé térmico, 1 riel din, y 1 alarma. Todos los elementos se colocan en un tablero de control que permite administrar el sistema de manera automatizada. La instalación del sistema eléctrico se observa en la Figura 12 y la Figura 13.



Figura 12. Sistema de control, vista interior



Figura 13. Sistema de control, vista exterior

F. PRUEBAS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Se identifica el grado de desprendimiento óptimo del grano de la mazorca cuando se desprende un 90% del mismo, ver Figura 14. Para verificar la eficiencia del sistema, se procede a comparar el tiempo y la cantidad de granos desprendidos del zulo definiendo dos condiciones, en buen estado y en mal estado. Se realizarán tres pruebas,

desgranado manual y desgranado automatizado de una y tres mazorcas.

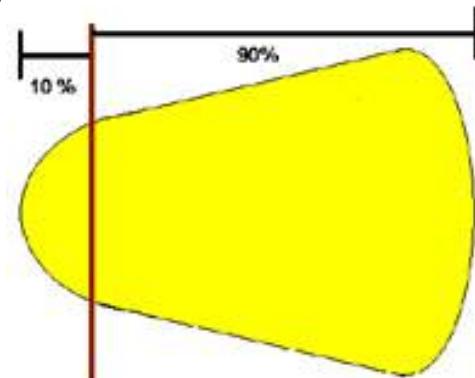


Figura 14. Grado de desprendimiento óptimo del grano.

Al observar el maíz, se verifica la dureza del grano y el grado de humedad a través del tacto. Un campesino de 30 años de experiencia determina el estado de la mazorca insertando la uña en el grano, determinando que el maíz es de tipo duro y está en buen estado.

La primera mazorca se sometió a un desgranado manual, tiene una longitud de 20 cm, mientras que la segunda mazorca se sometió a un desgranado automático, que tiene una longitud de 22 cm, como se observa en la Figura 15.



Figura 15. Una Mazorca y zulo, desgranado manual y automático respectivamente.

La tercera prueba se sometió a un desgrane automático a tres mazorcas al mismo tiempo, tienen un promedio de longitud de 24 cm, como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Tres mazorcas y zulo, desgranado automático

En la Figura 17, se observa los granos desprendidos con el método manual.



Figura 17. Muestra general de granos, después de desgranado manual

En la Figura 18 y la Figura 19, se observa los granos desprendidos con el método automático de una mazorca, evidenciándose la existencia de granos en mal estado.



Figura 18. Muestra general de granos en buen estado, después de desgranado automático



Figura 19. Muestra general de granos en mal estado, después de desgranado automático

En la Figura 20 y la Figura 21, se observa los granos desprendidos con el método automático de tres mazorcas, evidenciándose la existencia de granos en mal estado

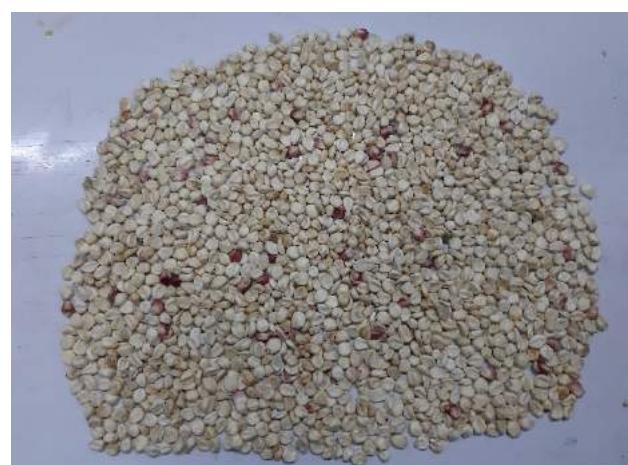


Figura 20. Muestra general de granos en buen estado, después de desgranado automático



Figura 21. Muestra general de granos en mal estado, después de desgranado automático.

3. RESULTADOS

Una vez realizado el análisis de los distintos métodos de desgrane de maíz, se hallan los siguientes resultados:

La Tabla 4 y la Tabla 5 muestra la cantidad y el porcentaje respectivamente de granos en buen estado y en mal estado después del proceso de desgranado manual y automático. Estos datos se resumen en la Figura 22 y Figura 23.

Tabla 4. Tabulación de pruebas 1.

Número de mazorcas	Granos en buen estado	Granos en mal estado	Granos adheridos
Una mazorca proceso manual	508	0	0
Una mazorca proceso automático	520	19	19
Tres mazorcas proceso automático	1535	50	0

Tabla 5. Tabulación de pruebas 2.

Número de mazorcas	Porcentaje de granos en buen estado
Una mazorca proceso manual	100%

Una mazorca proceso automático	96.47%
Tres mazorcas proceso automático	96.84%

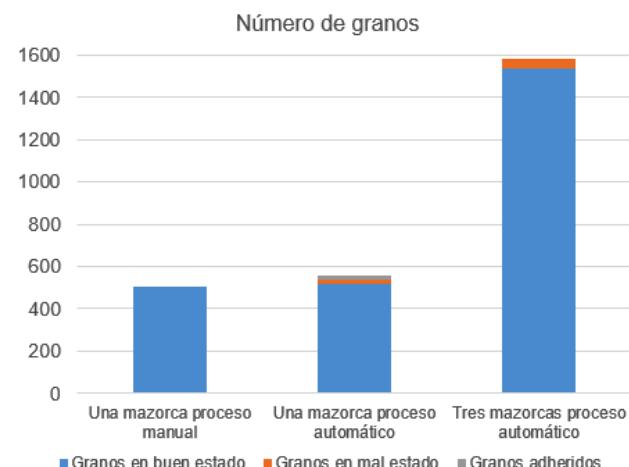


Figura 22. Cuadro comparativo de número de granos procesados

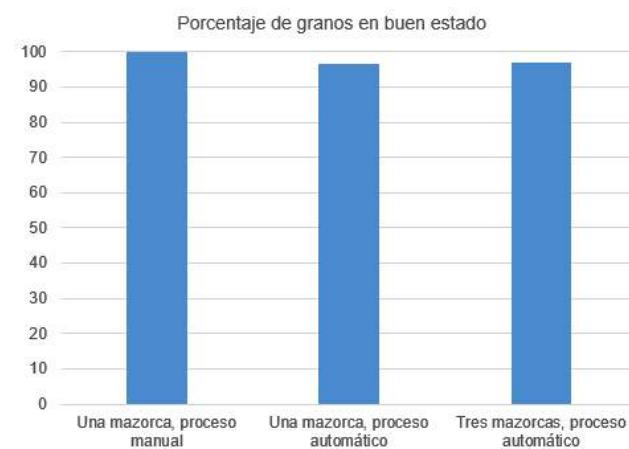


Figura 23. Cuadro comparativo de número de granos procesados

La Tabla 6 muestran el tiempo después del proceso de desgranado manual y automático. Estos datos se resumen en la Figura 24.

Tabla 6. Tabulación de pruebas 3.

Número de mazorcas	Tiempo de proceso para desgrane
Una mazorca proceso manual	1.81 segundos
Una mazorca	0.34 segundos

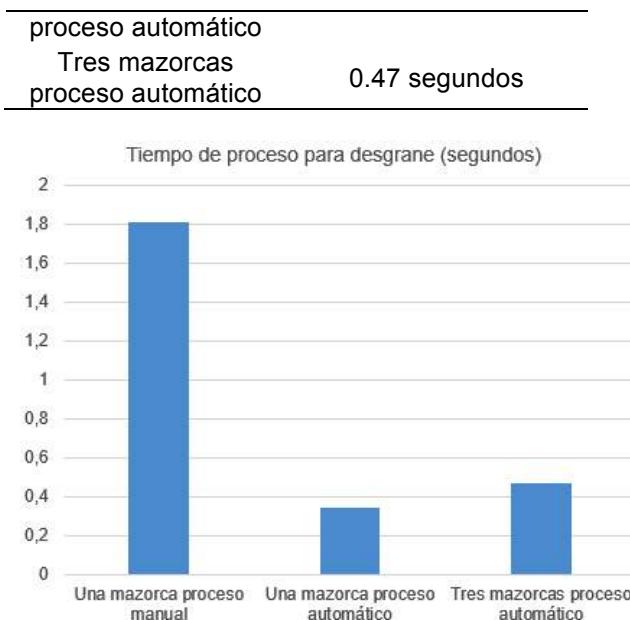


Figura 24. Cuadro comparativo del tiempo de desgrane por cada método y cantidad de mazorcas

4. CONCLUSIÓN

Las pruebas realizadas determinan el porcentaje de eficiencia valorado en un 96,47% para desgranar las mazorcas de maíz del proceso automatizado respecto al proceso manual. Además, se refleja que el número de granos en buen estado del proceso automatizado, es similar al proceso manual, valorado en un 4% con respecto al proceso manual. Si se aumenta el número de mazorcas a ser procesada la máquina funcionaría mejor.

Respecto al tiempo de procesamiento para desgranar una mazorca se reduce en un 81.5% el tiempo comparando el proceso manual y el automatizado; respecto a insertar tres mazorcas el tiempo se reduce en un 74.5%. Con estos valores se evidencia que al utilizar máquinas desgranadoras de maíz se reduce considerablemente el tiempo y mejora el rendimiento de la producción.

Para trabajos futuros, es factible realizar pruebas al modificar las revoluciones del motor eléctrico, a mayor velocidad mayor número de mazorcas podrá procesar el sistema, pero puede ocasionar que los granos se quiebren o pulvericen, razón por la cual se debe tener las debidas precauciones al modificar estos valores.

El sistema desgranador es el más susceptible a cambios debido a las características propias de los elementos. De acuerdo a los materiales y diseños de la criba se puede procesar maíz duro o maíz suave. Se debe tener en cuenta también las características morfológicas y variedades de maíz, debido a que hay diferentes tamaños de mazorcas y de grano.

Antes introducir las mazorcas de maíz en la máquina, es necesario previamente determinar el grado de humedad, recalmando que deben estar en un porcentaje del 13% al 15%.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO, "Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Situación Alimentaria Mundial | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura," 2020. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> (accessed Feb. 15, 2020).
- [2] I. Castelán Herrera and O. Vázquez Nieto, "Prototipo de desgranadora de maíz que mejora el proceso de desgranado en la Región de Influencia del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla," *TEPEXI Boletín Científico la Esc. Super. Tepeji del Río*, vol. 4, no. 8, p. 8, Jul. 2017, doi: 10.29057/estr.v4i8.2387.
- [3] J. M. Ureña Espín, Joel Froilan; Villavicencio Calle, "Diseño Y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa," p. 153, 2012.
- [4] J. O. Igbinoba, A. I. I. Unuigbe, F. I. Akhere, G. U. Ibhahe, and V. I. Gbadamose, "Design and Fabrication of a Corn Sheller," vol. 6, no. 2, pp. 9449–9458, 2019.
- [5] J. O. Pérez Silva, C. L. Cholca Cacuango, and A. G. Mantilla Valencia, "Diseño y fabricación de una máquina para desgranar maíz Design and construction of a corn sheller," *Ingenius Rev. Cienc. y Tecnol.*, no. 18, pp. 21–29, 2017, doi: 10.17163/ings.n18.2017.03.
- [6] E. F. Guacho Abarca, "CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays L.*) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO.,," *Esc. Super. POLITÉCNICA CHIMBORAZO*, vol. 8, no. 33, p. 44, 2014.
- [7] M. Valverde, "Caracterización E Identificación De Razas De Maíz En La Provincia Del Azuay," p. 86, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/>

22897/1/Tesis.pdf.

[8] Yáñez, F. M. Estudio del sistema mecánico aplicado al desgranado de maíz suave seco para mejorar tiempos de producción en el cantón san miguel provincia de Bolívar. [Ingeniería Thesis]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2011.