






Características socioeconómicas de los productores de cebada maltera en la región de Chimborazo, Ecuador.

Socioeconomic Characteristics of Malting Barley Producers in the Chimborazo Region, Ecuador

 Adriana Gadvay Satán*
 María Aynaguano Ajo
 María Peralta Culcay
 Víctor Lindao Córdova
 Alfonso Suarez Tapia.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.

* agadvay46@gmail.com

RESUMEN

En el año 2022, se realizó un estudio a 14 productores de cebada maltera bajo el programa "Siembra por contrato" en la provincia de Chimborazo, con el objetivo de analizar las características socioeconómicas que impactan las pérdidas en el cultivo. Se recopiló información en áreas sociales, institucionales, productivas, ambientales, comerciales, de transferencia tecnológica y económicas. Para agrupar individuos con características similares, se aplicó el Análisis de Componentes Principales (PCA) y se utilizaron herramientas estadísticas con códigos en R. El análisis identificó cuatro grupos (clusters) explicados por seis componentes que representan el 82,42% de la variabilidad total. Estos grupos revelaron fuentes socioeconómicas influyentes en las pérdidas de cebada, como el nivel de educación, ocupación, tenencia de tierras, tipo de suelo, variedad de cebada y porcentaje de maleza. El cluster B, junto con el productor 14, mostró el mayor rendimiento comercializado, superando los 3 001 kg. En contraste, los productores de los clusters A y D presentaron rendimientos bajos (1 000 a 3 000 kg), independientemente de la variedad de cebada cosechada. El Análisis de Regresión por Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) determinó que el peso de los granos influye directamente en las pérdidas durante la cosecha mecanizada.

Palabras claves: *Análisis multivariado, Estadística aplicada, Hordeum vulgare, Maquinaria Combinada.*

ABSTRACT

In 2022, a study was conducted on 14 malting barley producers under the "Siembra por contrato" program in Chimborazo province, aiming to analyze the socioeconomic characteristics impacting crop losses. Information was collected across social, institutional, productive, environmental, commercial, technological transfer, and economic areas. To group individuals with similar characteristics, Principal Component Analysis (PCA) was applied using statistical tools and R programming codes. The analysis identified four clusters explained by six components, representing 82,42% of the total variability. These clusters revealed socioeconomic factors influencing barley losses, such as education level, occupation, land tenure, soil type, barley variety, and weed percentage. Cluster B, along with producer 14, showed the highest commercial yield, exceeding 3 001 kg. In contrast, producers in clusters A and

D had low yields (1 000 to 3 000 kg), regardless of the barley variety harvested. Partial Least Squares (PLS) regression analysis determined that grain weight directly influences losses during mechanized harvesting.

Keywords: *Multivariate Analysis, Applied Statistics, Malted Barley, Combined Machinery.*

I. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo de distribución global y se le atribuye la posición del cuarto cereal más relevante a nivel mundial, tras el maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum durum* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.) representando aproximadamente el 8% de la producción total de cereales (1, 2). El cultivo de cebada, es importante debido a su adaptación ecológica y diversidad de variedades, se cultiva en alrededor de 89 países, desde regiones subtropicales: África, Brasil, hasta zonas frías como Noruega y Alaska (3).

La Unión Europea es el principal exportador de cebada maltera con 57 250 toneladas (t) registradas en el año 2018: mientras que, Arabia Saudita, China y Japón fueron los mayores importadores de cebada (2). Para el periodo 2010-2017 se registró que Perú fue el principal productor dentro de la región andina, debido a que produjo 214 670 toneladas (t) con un área de 146 610 hectáreas (ha) (4). Para el mismo año Colombia, Chile, Ecuador y Bolivia, en conjunto obtuvieron rendimientos de 164 640 toneladas (t) en un área de 95 339 hectáreas (ha) (5).

En Ecuador, la superficie sembrada de cebada abarca aproximadamente 43 974 hectáreas (ha), con producción total de 54 048 toneladas (t). Las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Pichincha contribuyen con el 56% de esta producción total (6). Estos cultivos se caracterizan principalmente como minifundios, ya que en su mayoría se cultivan en áreas menores a 1 hectárea (ha) (3).

El principal uso de la cebada en Ecuador es para la elaboración de machica y arroz de cebada, representan 88,3% del consumo de grano de cebada total en el país (7,8). Además, la cebada es utilizada para la elaboración de cerveza, y derivados (9).

A lo largo de la historia, la agricultura en especial el cultivo de cereales ha experimentado constantes cambios en beneficio de la sociedad (10). Estos cambios han implicado la mejora y perfeccionamiento de los instrumentos de

trabajo a su vez, ha llevado a la reducción del tiempo de labores y a minimizar las pérdidas en el rendimiento agrícola (11).

La producción de cultivos representa el 8% del Producto Interno Bruto (PIB) del Ecuador, y los agricultores contribuyen con el 95% del PIB (12). Ante esta situación, Cervecería Nacional ha implementa un programa denominado “Siembra por Contrato”, en el que participan 11 provincias, que presentan aproximadamente el 30% de la población en situación de pobreza (13).

Durante el año 2016, la provincia de Chimborazo formó parte del programa “Siembra por Contrato”, la cual consiste en la garantía de compra del producto por parte de la cervecería local. Con una superficie de 553 hectáreas dedicadas al cultivo de cebada, utilizando inicialmente la variedad Cañicapa y variedad Metcalfe en diversos cantones (13). En el año 2021, Cervecería Nacional proporcionó a los centros de acopio en Riobamba y Cayambe, maquinaria como sembradoras, tractores y cosechadoras. Esta provisión de equipos permitió optimizar los procesos y reducir los costos de recolección de la cosecha hasta en un 25%, incrementando así la productividad y disminuyendo las pérdidas en el cultivo mencionado (14).

Los productores que participaron en el programa “Siembra por Contrato” recibieron asesoría y acompañamiento a lo largo del ciclo de cultivo. Además, se les proporcionaron insumos para el cultivo de cebada, maíz amarillo y blanco, arrocillo y papa mediante convenios con diferentes empresas entre ellas Agropaís, Agripac y entidades bancarias.

A nivel mundial los países productores de cebada a pesar de los rendimientos alcanzados han sufrido pérdidas de producción en la última década, llegando a más del 7% en la Unión Europea (UE) y Canadá (15). Para el año 2018 se registraron datos de Australia con -12,36% y en Rusia -13,37%, a su vez en UE, la producción

fue menor a un 2,4% (5). Actualmente se tiene registrado pérdidas de hasta 67%. Además, la relación mundial de stock/consumo se ubica en torno al 15%, siendo ésta la más baja.

El presente estudio tuvo como objetivo identificar las características socioeconómicas de los productores en relación con la producción de cebada maltera en la provincia de Chimborazo dentro del programa “Siembra por contrato”. La información de interés fue recopilada utilizando una encuesta dirigida a productores. Los datos obtenidos fueron procesados mediante Análisis de Componentes Principales (PCA). Para identificar las fuentes que influyen en las pérdidas de cosecha mediante el uso de maquinaria combinada los datos obtenidos de campo se analizaron mediante el método de regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS).

Estos métodos permitieron el análisis de datos múltiples es decir PCA es un método estadístico que permite simplificar la complejidad de espacios muestrales, mediante la agrupación de individuos con características similares (16). Por su parte, PLS predice un conjunto de variables dependientes de un grupo de variables consideradas independientes para determinar las causas de pérdida de cosecha, creando de esta manera un modelo calibrado (17).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Provincia de Chimborazo, Ecuador. Para determinar la situación general actualizada de los productores asociados al programa “Siembra por contrato” del año 2022, se aplicó una encuesta a 14 productores. La encuesta fue diseñada sobre información del ámbito social (instrucción académica, acceso a servicios básicos), institucional (asistencia técnica recibida), empresarial (personal, sistemas de cosecha), productivo (rendimiento, variedad cultivada), ambiental (prácticas de conservación de suelos), comercial (destino de la producción), transferencia tecnológica (prácticas agrícolas, adaptación de tecnologías) y económico (Ingresos, costos de producción).

Además, se obtuvo información en campo, sobre las pérdidas naturales, pérdidas por maquinaria, y otras variables de efecto importantes como la pendiente, velocidad de la combinada, humedad del grano, impurezas y calibre del grano.

La metodología aplicada para cuantificar las pérdidas consistió en representar el lote como una tabla de ajedrez, en la cual se tomaron 22 puntos aleatorios y por cada uno de ellos se seleccionaron tres submuestras, estas fueron definidas en tres zona: corte, desecho y oruga. Se identificó dentro del cuadrante los granos caídos y espigas, posteriormente se procedió a recogerlos y cuantificar el peso de los mismos. Toda la información obtenida fue analizada auxiliándose del software R para cada uno de los métodos estadísticos utilizados (PCA y PLS).

III. RESULTADOS

A. Análisis de Componentes Principales (PCA)

El Análisis de Componentes Principales (PCA) facilita la reducción de la complejidad en conjuntos de datos de alta dimensionalidad, preservando la información crucial para identificar grupos de individuos que comparten características (18, 19) al condensar la información de múltiples variables en solo unas pocas componentes. Se utiliza en diversas áreas académicas (20). Reduce la dimensionalidad de los datos al encontrar un número reducido de variables que expliquen la mayor cantidad posible de la variabilidad (21, 22).

El análisis PCA se utilizó con la finalidad de establecer la posible variabilidad en los agricultores de Chimborazo participantes del programa “Siembra por Contrato”, priorizando la etapa de cosecha y etapa de poscosecha del grano de cebada maltera.

En la tabla 1 se visualiza que con seis componentes principales se pudo explicar un 82,42% de variabilidad total, lo que permitió definir un conjunto de características semejantes de los productores participantes en la investigación.

Tabla 1. Valores propios y porcentaje de la variabilidad explicada en los seis primeros componentes principales.

	Variabilidad explicada (%)	Porcentaje de la variabilidad acumulada
Comp 1	28.67	28.67
Comp 2	18.11	46.78
Comp 3	12.65	59.43
Comp 4	9.24	68.67
Comp 5	7.46	76.13
Comp 6	6.29	82.42

En la Figura 1a, se observan las fuentes socioeconómicas que pueden generar pérdidas en el rendimiento del cultivo de cebada obtenidas de las 42 preguntas de la encuesta aplicada a productores de cebada a en Chimborazo.

En la Figura 1b, se visualiza la agrupación de los productores de acuerdo a características similares dando como resultado cuatro cluster y un valor atípico (productor 14 que presenta características distintas al resto). El grupo A se define por variables como el cantón de ubicación, nivel educativo, ocupación, tenencia de tierras, acceso a asistencia técnica, evaluación de la mecanización, rendimiento de la cosechadora y la integran los productores 5, 6, 9 y 10. En el cluster B se agrupan los productores 8, 12 y 13 definido por las fuentes: variedades, precio de venta final por kg, horas laborables, acopio de semilla, rendimiento de grano de cebada cosechado, entre otras.

Mediante el análisis del grupo C se observa que esta integrado por los productores 3,7 y 11 quienes presentan características similares con base en las fuentes como: propiedades de suelo, edad del productor, prácticas de laboreo del suelo, etc. Finalmente, el cluster D determinada por fuentes como, técnicas de abonadura y pago del jornal agrupa a los productores 1, 2 y 4 de la provincia de Chimborazo.

Cantidad de grano comercializado

Al analizar la Figura 2a, se evidencia que el grupo B junto con el productor 14, presentan un mayor porcentaje de grano comercializado (3 001 - 5 000 y >5 001 kg), en cambio en los grupos A y D los productores presentaron un bajo rendimiento (1 000 - 3 000 kg), independientemente de la variedad cosechada.

El programa “Siembra por contrato” facilita una variedad de grano de cebada a los agricultores, esto depende de las características del suelo y clima del sitio a sembrar, en la Figura 2a , se observa que en el grupo A se obtuvo una baja producción en la cosecha de la variedad Cañicapa (Figura 2b), a diferencia del grupo B que junto con el productor 14 mostraron buenos rendimientos al sembrar la variedad ABI Voyager (3 001 - 5 000 y > 5 001 kg comercializado).

En la Figura 2c, se visualiza que en el grupo A, los productores encuestados muestran niveles educativos superiores, a comparación del productor catorce y el cluster B, los cuales tienen educación básica (8 y 14) y nivel superior (12 y 13). En la Figura 2 d, se puede observar que en los clústers B y C junto con el productor 14, se dedicaron totalmente a las actividades agrícolas y sus rendimientos obtenidos fueron mayores al de los demás clústers quienes dedicaron menor tiempo al manejo del cultivo de cebada.

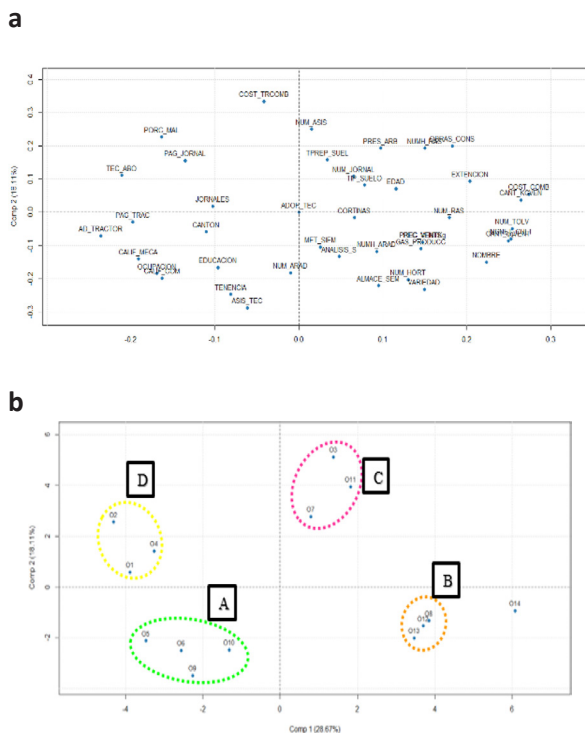
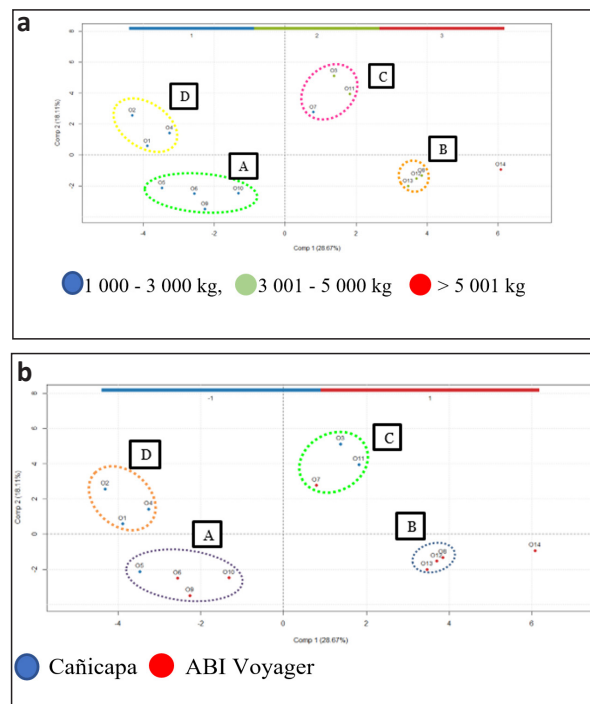


Figura 1. (a) Fuentes Socioeconómicas, (b) Score de Productores.



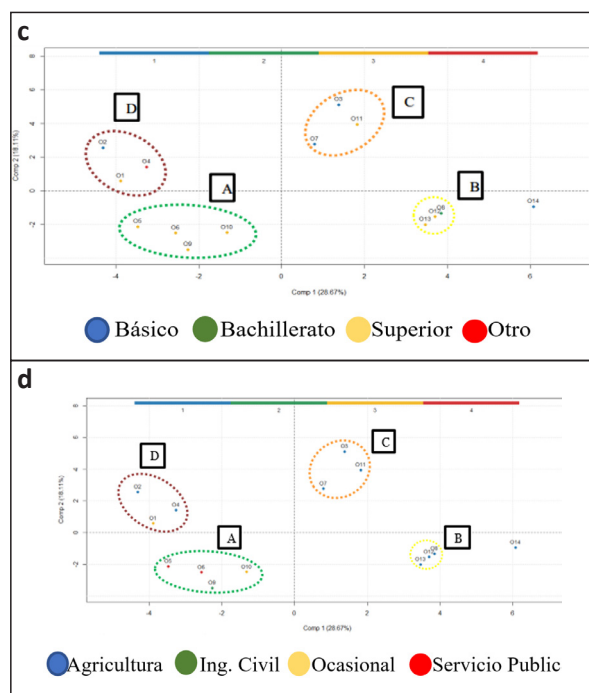


Figura 2. Agrupación de productores.: (a) Cantidad de kg comercializada, (b) Variedad, (c) Educación, (d) Ocupación.

B. Análisis de regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS)

Correlación de Spearman

Para construir el modelo multivariado, se aplicó el análisis de Spearman utilizando las variables de rendimiento, pérdidas naturales y pérdidas por maquinaria. Los resultados muestran que la correlación entre el rendimiento y las pérdidas naturales fue del 30%, mientras que, la correlación entre la variable rendimiento y pérdidas ocasionadas por el uso de maquinaria llegó al 26%. Mientras que, la correlación determinada entre las pérdidas consideradas como naturales y las pérdidas producidas por el uso de maquinaria fue del 12% (Tabla 2). Estos resultados indican una débil dependencia lineal positiva entre cada par de variables. Debido a esta relación, se procedió a realizar un modelo individual para cada variable evaluada.

Tabla 2. Correlaciones entre rendimiento, pérdidas naturales y pérdidas por maquinaria.

	Rendimiento	Pérdidas Naturales	Pérdidas por maquinaria
Rendimiento	1	0.30	0.26
Pérdidas Naturales	0.30	1	0.12
Pérdidas por Maquinaria	0.26	0.12	1

C. Modelo multivariado PLS

Los datos obtenidos en el ensayo que posteriormente se analizaron en oficina, se determinaron como fuentes ocasionantes en la disminución del rendimiento por el uso de maquinaria combinada las siguientes:

Tabla 3. Fuentes definidas para determinar el diseño multivariado

	Fuente	Código
Fuentes Alternas	Variedad	VARIEDAD
	Altitud	MSNM
	Velocidad de la combinada	V_COMBI
	Humedad del grano	H_GRANO
	Pendiente	PENDIENTE
	Impurezas	IMPUREZAS
	Calibre	CALIBRE
Fuentes para rendimiento	Número de tallos	NUM_TALM2
	Número de espigas	NUM_ESPIM2
	Peso de granos	W_GRAM2
	Peso de espigas	W_ESPIM2
	Altura del tallo	ALT_TALL
	Tamaño de la espiga	TAM_ESPIG
	Número de granos totales	N_GRANTM2
	Número de granos fértiles	N_GRANFM2
	Número de granos infértiles	N_GRAIFM2
	Peso de granos al 12% de humedad	W_AJUST
Fuentes para pérdidas naturales y por maquinaria	Número de granos caídos	(PN) PM_NGSM2
	Número de espigas caídas	(PN) PM_NESM2
	Peso de granos	(PN) PM_WGRAM2
	Peso de espigas	(PN) PM_WESM2
	Número de granos fértiles	(PN) PM_NGRANF
	Número de granos infértiles	(PN) PM_NGRANIF
	Número de granos totales	(PN) PM_GRATM2
Peso de granos al 12% de humedad	(PN) PM_WAJUS	

D. Rendimiento

En la Tabla 4 y 5 se observa el análisis del modelo multivariado, en donde se puede observar un coeficiente de determinación de 1, lo que representa un porcentaje de varianza del 100%. Es decir, que presenta un buen ajuste proporcionando un modelo viable, mismo que fue centralizado y estandarizado, reduciendo las fuentes que estiman el rendimiento, por ejemplo el peso de grano por m², que determinó un coeficiente de 9,99.

Como se observa en la Figura 3, el método de codo y RMSEP presentó un valor equivalente de 0,03, esto se determinó en función al número de componentes, lo que permite la fijación del modelo con la variable peso de los granos por m², esta fuente mostró un porcentaje mayor en la determinación del rendimiento.

Tabla 4. Diseño multivariado de Rendimiento VIP>1

	X cumexpvar	Y cumexpvar	R ²	RMSE
Cal	100	100	1	0

Tabla 5. Resumen de las fuentes con VIP>1 para rendimiento

	Número de tallos	Número de espigas	Peso del grano
Coefficientes	-3,067036e-05	4,464684e-05	9,999998e+00
Error estándar	4,850369e-05	2,762529e-05	2,519833e-05

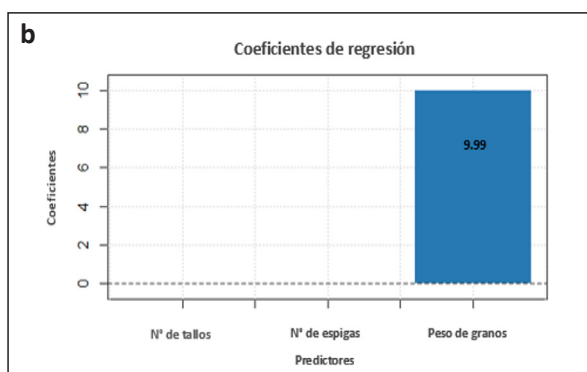
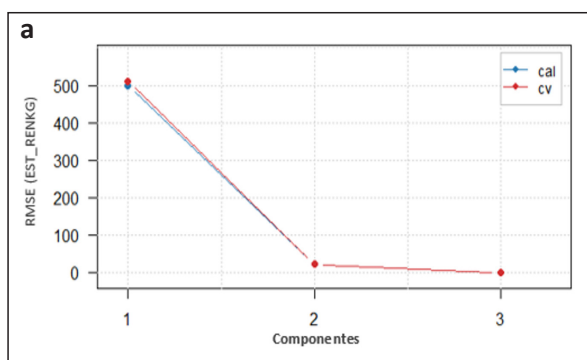


Figura 3. Análisis de Regresión por Mínimos Cuadrados Parciales del Rendimiento (a) Curvas de RMSE con validación cruzada (b) Regresión de coeficientes.

E. Las pérdidas causadas por factores naturales en cebada maltera

Antes de la cosecha, se observó la presencia de granos en el suelo, influenciada por varios factores como las lluvias y la actividad de aves, lo cual puede causar pérdidas en la producción.

En la Tabla 6, se obtuvo un modelo fiable con un coeficiente de determinación del 100%. Se identificó que las variables importantes (VIP>1) incluyen el peso total de los granos (m²), con un coeficiente significativo de 10 (Tabla 7), mediante una matriz de 308 x 8, mismo que fue centralizado y estandarizado.

En la Figura 4, utilizando el método del codo, se observó una disminución significativa desde el punto 2 (número de granos fértiles por metro cuadrado) hasta el punto 3 (peso de los granos), lo que indica una estabilización del modelo. Además, en el gráfico de predicción, los datos empleados para construir el modelo muestran una correlación evidente, representada por puntos cercanos a la línea de tendencia.

Tabla 6. Diseño multivariado de Pérdidas Naturales con VIP>11

	X cumexpvar	Y cumexpvar	R ²	RMSE
Cal	100	99,99447	1	0

Tabla 7. Resumen de las fuentes con VIP>1 para Pérdidas Naturales.

	Número de granos fértiles	Número de granos totales	Peso del grano
Coefficientes	0,0001752828	-0,0001752684	10,0003456207
Error estándar	0,0001138895	0,0001203935	0,0103840365

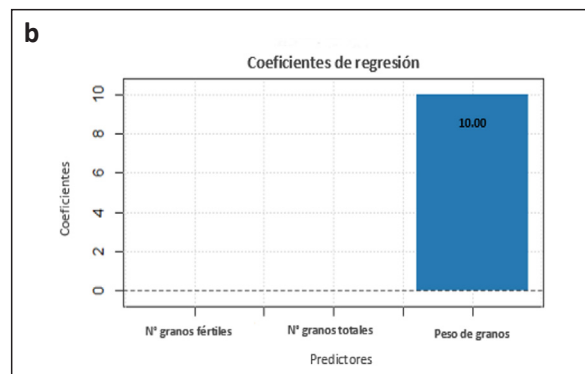
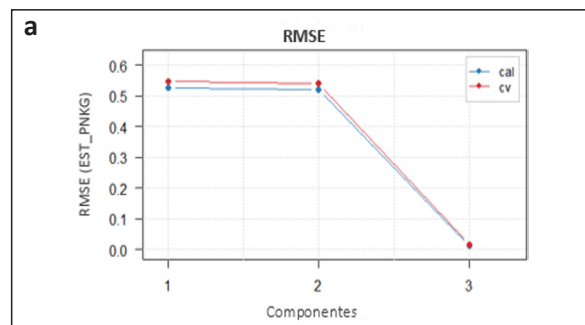


Figura 4. Pls Pérdidas Naturales (A) Curvas RMSE con validación cruzada (C) Regresión de coeficientes

E. Pérdidas ocasionadas por el uso de Maquinaria Combinada Con el modelo desarrollado para evaluar las pérdidas ocasionadas por el uso de maquinaria combinada, se observa que las variables incluidas en X son inferiores a la variable Y, que representa el total de pérdidas por maquinaria en kilogramos. El coeficiente de determinación de 0,99 indica una varianza explicada del 99%, lo cual indica un ajuste perfecto del modelo.

Siendo un modelo muy fiable mismo que fue centralizado y estandarizado, para $VIP > 1$ (Tabla 8).

Al igual que en los modelos anteriores, el modelo multivariado logra reducir las fuentes de la Tabla 3, que de un conjunto de fuentes (Tabla 3), se reduzcan permitiendo estimar las pérdidas por maquinaria, donde el peso del grano (m²) con un coeficiente de 9,99 (Tabla 9) es el de mayor importancia.

En la Figura 5 se verifica la estabilidad del modelo, donde en las predicciones se observa que todos los datos están alineados correlativamente con la línea de tendencia central.

Tabla 8. Diseño multivariado de Pérdidas Naturales con $VIP > 1$

	X cumexpvar	Y cumexpvar	R ²	RMSE
Cal	88,53945	99,70795	0,997	4,771

Tabla 9. Tabla resumen de fuentes con $VIP > 1$ para las Pérdidas por Maquinaria.

	Número de granos totales	Peso de granos
Coefficientes	0,05677043	9,99816560
Error estándar	0,15809779	0,06019622

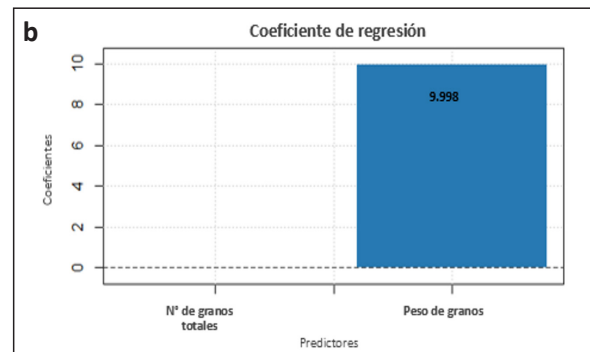
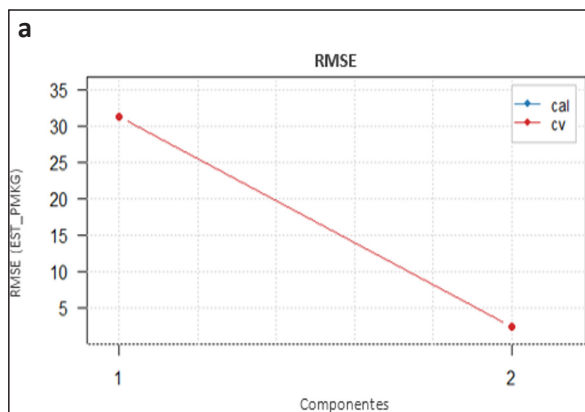


Figura 5. PLS Pérdidas Naturales (A) Curvas RMSE con validación cruzada (C) Regresión de coeficientes.

IV. DISCUSIÓN

Los productores obtuvieron mayores rendimientos en suelos franco arenosos, con la variedad ABI Voyager, en comparación con la variedad Cañicapa. Según Vimos M (23) menciona que, en la provincia de Chimborazo, los suelos predominantes son de textura franco arenosa (11,3%) y franco limosa (9,8%), representando la textura franco en un 84.6% en los tres agroecosistemas, siendo estos suelos adecuados para el cultivo de cebada como se documenta en estudios realizados por Carrillo F y Minga F (12), quienes mencionan que los suelos arenosos y francos arenosos con buen drenaje y un pH de 5,5 a 7,5 son propicios para el cultivo de cebada.

Los resultados obtenidos muestran que, los productores ubicados en las zonas de Guamoto y Riobamba obtuvieron menores ingresos, debido a que la cantidad de cebada cosechada, fue inferior a 3 000 kg. Además, estos productores optaron por cultivar la variedad Cañicapa, la cual presenta un porcentaje de almidón de 46,84, según el estudio de Valero C (24).

Otro factor que influyó en los resultados fue la tenencia del lote, ya que los productores poseían parcelas propias con un área de 2 a 3 hectáreas. Debido a ello, durante la etapa de cosecha, se pudo registrar un porcentaje mayor al 50% de malezas presentes en los cultivos, indicando una falta de control oportuno por parte de los productores. Esta situación pudo haber aumentado la probabilidad de infestación de la cebada por enfermedades durante la etapa de postcosecha, como señala el estudio realizado por Castiblanco L et al (25). Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar diversos factores en la producción de cebada. La cantidad cosechada, la elección de la variedad de cebada, el control de malezas y el manejo

adecuado durante la etapa de postcosecha son elementos fundamentales que pueden afectar los ingresos de los productores.

Mediante los estudios realizados por Guerrero D et al y Poveda M (26, 8), se ha determinado que las pérdidas de rendimiento en el cultivo de cebada son aproximadamente del 20% y están relacionadas con diversos factores, que incluyen la cantidad de granos por una espiga, el peso de la semilla y el poder germinativo. Además, Carrillo F y Minga F concordando con Franco G (12, 27), mencionan que las pérdidas pueden variar dependiendo de la variedad de cebada utilizada, las condiciones climáticas y la virulencia de los virus que puedan afectar el cultivo.

En este estudio, se obtuvieron resultados respaldados por investigaciones previas y concuerdan con la influencia de estas variables en las pérdidas del rendimiento. Además, el comportamiento observado de las variedades Cañicapa y ABI Voyager, confirma la relevancia de considerar la elección de variedades en el cultivo de este importante cereal.

Las pérdidas naturales pueden ser ocasionados por cambios ambientales y fenológicos entre los que se incluyen sequías, heladas, granizo (28). En la agricultura, es común que una parte de los granos caiga al suelo durante el ciclo de cultivo, influenciado por fenómenos como el desgrane natural de las plantas o factores externos como el vuelco de las mismas o condiciones climáticas adversas (29).

Los resultados presentados en la Tabla 7 destacan que el peso de los granos (m^2) es una variable significativa que contribuye considerablemente a las pérdidas naturales. Este hallazgo es similar al obtenido por Tapia R y Fries A (30), quienes observaron que los granos llenos pueden desprenderse y caer de la espiga antes de la cosecha, especialmente cuando la planta ha alcanzado su madurez fisiológica y ha enfrentado condiciones de estrés mecánico como vientos fuertes o lluvias intensas.

En la cosecha las pérdidas de granos pueden atribuirse a múltiples factores. Entre ellos: cabezal de la cosechadora, velocidad de la operación, la calidad de la semilla y su contenido de humedad son determinantes clave. Además, durante el proceso de transporte de la cosecha a través de la maquinaria, pueden producirse pérdidas debido a

la manipulación inapropiada, a la falta de ajustes adecuados de la maquinaria y a la presencia de materiales extraños en el cultivo (31).

Con base a la información proporcionada en la Tabla 9, se observa que el peso de los granos constituye una de las principales causas de pérdida con relación al uso de la maquinaria compuesta durante la cosecha. Esto se debe a que las cosechadoras pueden ocasionar daños en los granos durante el proceso de recolección, lo que resulta en una disminución en el peso y la calidad de los granos recolectados. Por consiguiente, resulta de vital importancia tomar medidas para minimizar estas pérdidas, tales como ajustar la configuración del cabezal de la cosechadora y llevar a cabo inspecciones regulares del equipo de cosecha, como se indica en el informe de Jacobs L y Quack L (32).

Según Ruiz-Altisent M (33), el incremento excesivo de la velocidad de la máquina durante la operación puede resultar en la proyección y caída de granos al suelo. Además, si la intensidad del aire generado por el ventilador es demasiado alta, existe el riesgo de que los granos sean expulsados junto con la paja u otros residuos, en tanto que si esta es baja se puede acumular en la tolva un mayor porcentaje de impurezas.

V. CONCLUSIONES

Mediante la información socioeconómica proporcionada por los productores de la provincia de Chimborazo, se pudo determinar que el nivel de educación, ocupación, la variedad de cebada, entre otras fueron las principales fuentes que influyeron en las pérdidas de rendimiento.

Al realizar el modelo PLS se logró definir pérdidas de $130,58 \text{ kg ha}^{-1}$ lo que representa $5,96\%$ de pérdidas por la utilización de maquinaria, en donde el rendimiento alcanzado fue de $2\,511,68 \text{ kg ha}^{-1}$, y en pérdidas naturales $0,74 \text{ kg ha}^{-1}$.

Basado en los resultados obtenidos, se concluye que el rendimiento de grano para las variedades ABI Voyager y Cañicapa está mayormente influenciado por el peso de los granos y el peso de las espigas. Las pérdidas naturales durante la cosecha se ven afectadas por factores como el número de granos fértiles, el número total de granos y el peso individual de los granos. Por otro lado, el uso de maquinaria combinada introduce

pérdidas adicionales principalmente debido al peso del grano y al peso de las espigas. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar estos factores al diseñar estrategias para mejorar el rendimiento y reducir las pérdidas en la producción de grano de cebada, asegurando así una cosecha más eficiente y económica.

Se determinó mediante el modelo cuadrados mínimos parciales que la mayor fuente que afecta la disminución del rendimiento en el cultivo de cebada maltera es el peso del grano,

independientemente de la variedad sembrada.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Empresa Cervecería Nacional y al grupo de investigación Agro – Cervecería Nacional, al Ing. Xavier Mera, Ing. Adriana Cuji, Ing. Stalin Cuaces, a los productores participantes en el programa “Siembra por Contrato” y al Sr Raúl Cargua.

V. REFERENCIAS

1. Baloch U. WHEAT Post-harvest Operations-Post-harvest Compendium. FAO. 2017;21. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es
2. Ponce L, Noroña P, Campaña D, Garófalo J, Coronel J, Jiménez C, et al. La cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2019. 56 p.
3. González M, Zamora M, Solano S. Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2016;7:159–71. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i1.380>
4. Taner A, Muzaffer A, Fazil D. Barley: Post-harvest Operations. Food Agric Organ United Nations. 2004;1–64. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P3-9965.pdf>
5. FAOSTAT_data_es_7-3-2023.pdf. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/>
6. INEC. Encuesta de superficie y producción continua. Espac - Inst Nac Estadística y Censos. 2022;1–55. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales resultados-ESPAC_2021.pdf
7. Buendía SL. Universidad Internacional Del Ecuador. 2014;86. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/275/1/T-UIDE-0254.pdf>
8. Poveda M. Elaboración de cereal de cebada extruido listo para el consumo y estudio de factibilidad de industrialización del producto. 2006;135. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/713/1/82575.pdf>
9. Raigon F. Variables Tecnológicas que afectan a la calidad de la cebada para uso maltero. 2015. Disponible en: <https://zagan.unizar.es/record/31828/files/TAZ-TFG-2015-1142.pdf>
10. Bula A. Importancia de la agricultura en el desarrollo socio económico. Informe. 2020;1–29. Disponible en: <https://observatorio.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/08/Importancia-de-la-agricultura-en-el-desarrollo-socio-economico.pdf>
11. Macías I, Barrera A, Ramírez L, Arzube M, Macías I, Barrera A, et al. Surgimiento y desarrollo de cosechadoras de cereales. Caso de estudio Cuba. *Rev Científica y Tecnológica UPSE*. 2017 Mayo 25 [citado 2023 Abril 5];4(1):47–53. Disponible en: <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/241>
12. Carrillo F, Minga F. Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi. *Riobamba*. 2021;6(1):637–55.
13. Contrato SP. "Siembra Por Contrato" de Cervecería Nacional reactiva el agro ecuatoriano a través de acuerdos, capacitación, insumos y tecnificación agrícola. 3–7.

14. Amaguaya F. Evaluación de la respuesta de líneas de cebada. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba. 2022. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17218>
15. Chaparro JM, Devia JR, Zea JA. Evaluación de pérdidas de grano en cosecha de arroz con combinada. *Ing e Investig.* 1984;(8):14–24.
16. Aksic M, Tosti T, Sredojevic M, Jasminka M, Meland M, Natic M. Comparison of Sugar Profile between Leaves and Fruits of Blueberry and Strawberry Cultivars Grown. *Plants.* 2019;8:205.
17. Ruiz C. Modelo de Regresión PLS. Univ Sevilla. 2017;95.
18. Abdi H, Williams LJ. Principal component analysis. *Wiley Interdiscip Rev Comput Stat.* 2010;1–47.
19. Steffens F. What is principal components analysis? *Semin Princ Components Anal Atmos Earth Sci Pretoria*, 1983, (Council Sci Ind Res Pretoria, Natl Program Weather Clim Atmos Res CSIR-S-334). 1983;26(3):3–16.
20. Vidal R, Sastry S. Generalized principal component analysis. *Interdiscip Appl Math.* 2016;40:1–566.
21. Partridge M, Jabri M. Robust principal component analysis. *Neural Networks Signal Process - Proc IEEE Work.* 2000;1(May):289–98.
22. Sanguansat P. Two-Dimensional Principal Component Analysis and Its Extensions. *Princ Compon Anal.* 2012;2005.
23. Vimos M. Evaluación del estado de degradación y de fertilidad según el uso del suelo en tres agroecosistemas. *Esc Super Politécnica Chimborazo.* 2017;162.
24. Valero C. Sistemas de trilla y separación en cosechadoras de cereales. 2004.
25. Castiblanco L, Miranda A, Valbuena L, Contreras R. El cultivo de la cebada en Colombia. 1972;(11):99 p. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19828>
26. Guerrero D, Bernabé-González T, Cayetano-Catarino M, Adán-Díaz A, Torres-Pastrana MA. Cultivo de. *J Microbiol.* 2007;19(1969):1–3.
27. Franco G, García M, Antía-Londoño G, Henao-Rojas J. Cosecha y manejo poscosecha. *Tecnológica para el Cultivo la mora (Rubus glaucus Benth).* 2020;297–325.
28. Iniap. Cosecha y Poscosecha de Cebada. 2021;161–78.
29. Vazquez J. Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare L.*) obtenidas con irradiación gamma. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2019. pp. 22-25.
30. Tapia R, Fries A. Guía de Campo de los Cultivos Andinos. Perú. 2007. pp. 69-96. ISBN 978-92-5-305682-8. Disponible en: <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Biodiversidad/71.pdf>
31. Polanco F. Maquinaria y Mecanización Agrícola. 2007;1–209.
32. Jacobs L, Quack L. The end of the diesel subsidy: Distributional effects of a CO2-based energy tax reform. *Wirtschaftsdienst.* 2018;98(8):578–86.
33. Ruiz-Altisent M. Cosechadoras grano. Su adaptación a las cosechas. *Rev Agric.* 1983;52:497–502.