



Evaluación del efecto de las operaciones de desmane y número de manos sobre el potencial productivo de banano en la finca Jacaranda del grupo Agrícola Sara Palma S.A.S

Weimar Cardona Julio

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Asesor

Mauricio José Sierra Bautista, Magíster (MSc)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Agroindustrial
Carepa, Antioquia, Colombia
2023

Cita	(Cardona Julio, 2023)
Referencia	(Cardona Julio, 2023). <i>Evaluación del efecto de las operaciones de desmane y número de manos sobre el potencial productivo de banano en la finca Jacaranda del grupo Agrícola Sara Palma S.A.</i> [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Carepa, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Biblioteca Sede Estudios Ecológicos y Agroambientales Tulenapa (Carepa)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a muchas personas que fueron fundamentales durante mi carrera universitaria

A Dios: por haberme dado voluntad, fuerzas, salud y mucho entendimiento para sacar adelante mi proyecto de vida

A mi mamá: Por siempre darme amor, apoyo y consejos de aliento durante toda la vida, además, por siempre protegerme

A mis hermanos: por darme siempre su apoyo incondicional y por creer siempre en mí.

Agradecimientos

Quiero brindar un agradecimiento al profesor Mauricio José Sierra Bautista por haberme brindado sus conocimientos y habilidades para el desarrollo de este informe. también quiero agradecerle a mi madre, hermanos y a Camilo, por siempre darme cariño, amor y sobre todo sus palabras de aliento en momentos de estrés y ansiedad para seguir adelante en la universidad.

Quiero mencionar a la abuela Riqui, Gerson, Lorena y Janey, porque me brindaron cariño, comida y techo al momento de hacer trabajos universitarios, siempre estaré agradecido por ello.

Por otra parte, quiero agradecerles a todos mis compañeros de clase por brindarme sus conocimientos y sacarme una sonrisa, la vida universitaria fue más llevadera gracias a ustedes. Agradezco profundamente a mi compañera Dayana Garcés por su amistad y sabios consejos los cuales fueron un pilar fundamental en las etapas de mi vida, su presencia ha sido muy significativa para mí.

Además, quiero agradecer a la Universidad de Antioquia por brindarme sus espacios y docentes, importante para culminar mi carrera, así mismo, a la empresa Agrícola Sara Palma por darme la oportunidad de realizar mis prácticas. Me gustaría extender mi agradecimiento a mi asesor de la empresa por su orientación durante mi periodo de práctica.

Tabla de contenido

Dedicatoria	3
Agradecimientos.....	4
Siglas, acrónimos y abreviaturas	11
Resumen	12
Abstract	13
1 Introducción	14
2 Planteamiento del problema.....	17
1.1 Antecedentes	17
2 Justificación.....	19
3 Objetivos	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4 Marco teórico	21
4.1 Banano tipo exportación.....	21
4.2 Variedad Cavendish en finca de Agrícola Sara palma	21
4.2.1 Variedad william.....	21
4.2.2 Variedad Gran Enano.....	21
4.2.3 Variedad Valery	22
4.3 Morfología de la planta de banano	22
4.3.1 Inflorescencia	23
4.3.2 Partes de un racimo de banano.....	24
4.4 Fenología del banano	24
4.5 Labores previas al desmane del banano	26

4.5.1 Embolse.....	26
4.5.2 Identificación	26
4.5.3 Desbacote.....	26
4.5.4 Desflore.....	26
4.5.5 Desdede.....	27
4.5.6 Desmane.....	27
4.6 Desmane del racimo	28
4.7 Sioma.....	29
4.7.1 Báscula inteligente Sigma.....	29
4.8 Barcadilla	30
4.9 Perfil racimo	32
4.10 Redes neuronales artificiales	34
4.10.1 Arquitectura de una red neuronal.....	37
4.10.2 Aprendizaje de una red neuronal	38
5 Metodología	39
5.1 Localización de la investigación	39
5.2 Toma de datos	39
5.3 Mediciones experimentales	40
5.4 Determinación e Identificación de los espacios muestrales y/o lotes productivos de banano en finca jacaranda.....	41
5.4.1 Filtración.....	41
5.4.2 Esquema de experimento	41
5.4.3 Recaudación de datos.....	41
5.4.4 Ejecución del diseño experimental en el software Minitab	42
5.4.5 Verificación de aleatoriedad, homocedasticidad e independencia.	42
5.5 Diseño de la red neuronal para el procesamiento de los datos potencial productivo.....	42

5.5.1 Entrenamiento de la estructura de la RNA	42
5.6 Obtención del algoritmo de predicción del potencial productivo de banano	44
5.6.1 Validación del modelo	44
6 Resultados	45
6.1 Estudio de lotes	45
6.2 Análisis estadístico	46
6.2.1 Grado basal y grado apical.....	46
6.2.2 Largo basal y largo apical.....	50
6.2.3 Peso racimo.....	58
6.3 Aleatoriedad, homocedasticidad e independencia de los lotes	60
6.4 Diseño de modelo de red neuronal artificial	61
6.5 Algoritmo de predicción.....	68
7 Conclusiones	70
8 Recomendaciones.....	71
8 Referencias	72
9 Anexos.....	81
.....	81

Lista de tablas

Tabla 1 Diseño de experimento.....	41
Tabla 2 Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el Grado basal	47
Tabla 3 Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el Grado apical	47
Tabla 4 Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el largo basal	52
Tabla 5 Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el largo apical.....	52
Tabla 6 Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el peso del racimo	58
Tabla 7 Prueba de homocedasticidad para el peso de racimo en relación con SC, DM y NM.....	60
Tabla 8 Prueba de independencia para la relación entre peso de racimo y los factores SC, DM y NM	61
Tabla 9 Arquitectura de la red y parámetros de evaluación de los modelos de RNA.....	62

Lista de figuras

Figura 1 Morfología de una planta de banano.	22
Figura 2 a) Bellota de la planta de banano. B) Racimo de banano	23
Figura 3 Partes de un racimo de banano	24
Figura 4 Esquematzación de la fenología del cultivo de banano	25
Figura 5 Tipos de niveles de la labor de desmane	28
Figura 6 Báscula inteligente Sigma para pesaje de racimos de banano	30
Figura 7 Llegada de los racimos a barcadilla	31
Figura 8 Interfaz del aplicativo web de Sioma.....	32
Figura 9 Perfil racimo con parámetros evaluados	34
Figura 10 Estructura de una red neuronal artificial.....	35
Figura 11 Funciones de activación.....	36
Figura 12 Sistema global de proceso de una red neuronal.....	36
Figura 13 Arquitectura típica de una red neuronal.....	37
Figura 14 Secuencia del desarrollo de una red neuronal artificial	38
Figura 15 Mapa de Finca Jacaranda.....	39
Figura 16 Interacción de los factores SC, DM y NM	45
Figura 17 Medias del grado basal y apical de los lotes 12, 14, 15, 16 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.....	48
Figura 18 Medias del grado basal y apical de los lotes 18, 20, 22, 23, 24 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.....	50
Figura 19 Medias del largo basal y apical de los lotes 12, 14, 15, 16 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.....	55
Figura 20 Medias del largo basal y apical de los lotes 18, 20, 22, 23, 24 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.....	57
Figura 21 Medias del peso de racimo en relación con los factores SC, DM, NM.....	59

Figura 22. Red Neuronal Artificial del modelo 1 de 15 neuronas en la capa oculta.	64
Figura 23 R de regresión en los distintos conjuntos del modelo 1 de 15 neuronas.	65
Figura 24 Progreso del error del conjunto de entrenamiento, validación y prueba	66
Figura 25 Histograma del error en los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba.....	67

Siglas, acrónimos y abreviaturas

RNA: Redes Neuronales Artificiales

SC: Semana de cosecha

DM: Desmane

NM: Numero de manos

MSE: Error cuadrático medio

Resumen

La empresa Agrícola Sara Palma S.A.S. (ASP) es una destacada productora y comercializadora de banano en la zona de Urabá, presentaba dificultad para establecer los efectos que generan las labores de campo, desmane, desde entre otras, sobre el potencial de productivo de racimos de banano, y que al mismo tiempo le permitan cumplir especificaciones de los mercados internacionales. Este estudio se enfocó en evaluar el efecto del desmane y número de manos en la producción de banano y la capacidad de predecir el potencial productivo de la finca Jacaranda mediante redes neuronales artificiales (RNA). Para ello, se realizó un estudio a la finca, tomando los datos de producción de las dimensiones del fruto, semana de cosecha y peso del racimo, con el aplicativo móvil de perfil racimo en el área de barcadilla, los cuales fueron analizados mediante análisis estadísticos y redes neuronales artificiales en el software Matlab. La semana de cosecha (SC), desmane (DM) y número de manos (NM) mostraron un efecto sobre las dimensiones y peso del banano en distintos lotes, siendo más influyente en el llenado del fruto el DM F+3 con 6 manos en el racimo (NM). Además, los 3 factores mostraron ser eficientes en la predicción. El mejor ajuste del modelo fue dado por 15 neuronas en la capa oculta. Con base a los resultados, se pudo comprobar la estimación del potencial productivo de la finca mediante redes neuronales presentando un error cuadrático medio (MSE) de (1,628; 1,849 y 1,836) en los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba, respectivamente y un R de regresión del 0,924.

Palabras claves: Desmane, numero de manos, redes neuronales, predicción, dimensiones del racimo

Abstract

The company Agrícola Sara Palma S.A.S. (ASP) is a leading producer and marketer of bananas in the area of Urabá. It was difficult to establish the effects generated by field work, desmane, desdede, among others, on the productive potential of banana bunches, and at the same time allow the company to meet international market specifications. This study focused on evaluating the effect of desmane and number of hands on banana production and the ability to predict the productive potential of the Jacaranda farm by means of artificial neural networks (ANN). To this end, a study was conducted at the farm, taking production data on fruit size, harvest week and bunch weight, with the mobile application of bunch profile in the barcadilla area, which were analyzed by statistical analysis and artificial neural networks in Matlab software. Harvest week (SC), desmane (DM) and number of hands (NM) showed an effect on banana dimensions and weight in different lots, being more influential on fruit filling in the DM F+3 with 6 hands in the bunch (NM). In addition, all 3 factors were shown to be efficient in prediction. The best model fit was given by 15 neurons in the hidden layer. Based on the results, the estimation of the productive potential of the farm by means of neural networks could be verified, presenting a mean square error (MSE) of (1.628; 1.849 and 1.836) in the training, validation and test sets, respectively, and a regression R of 0.924.

Keyword: Desmane, number of hands, neural networks, prediction, cluster dimensions.

1 Introducción

En Colombia, se puede encontrar una amplia expansión del mercado del banano, una de ella se encuentra ubicada en la región de Urabá. El banano es un motor socioeconómico muy importante para la subregión del Urabá y uno de los rubros que brinda, sin duda, diversas posibilidades para fortalecer la zona por medio de excelentes oportunidades comerciales, con lo que aporta al crecimiento económico en la región (Larrotta & Flórez, 2021); una de las productoras y comercializadoras de esta fruta en la región es la filial de Uniban, Agrícola Sara Palma S.A.S. (ASP), dedicada al banano tipo exportación en los mercados internacionales, la cual cuenta con 3.634 hectáreas de tierra, las cuales están distribuidas en 26 fincas ubicadas en los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo, destinadas en su mayoría a la producción de banano y plátano. Por otra parte, las fincas que pertenecen a esta filial están certificadas con los sistemas de Gestión GLOBALGAP¹ y RAINFOREST ALLIANCE² y está en proceso de renovación permanente de las plantaciones y ajustes en las labores de producción las cuales le permitan la producción de banano por hectárea. (Uniban, 2022)

La importancia económica de este producto ha crecido en los últimos años, ya que muchos productores se han organizado para exportar en cajas, mejorando así la calidad y obteniendo precios atractivos, proporcionando así una fuente de ingresos para el país y para quienes apuestan por el cultivo extensivo. Este cultivo ha aumentado su valor socioeconómico, lo que conlleva a la obligación de mejorar el rendimiento y calidad, por medio de la introducción de tecnologías de producción eficientes (Cedeño, 2013). Debido a este crecimiento industrial y exigencia de los mercados nacionales e internacionales con respecto al banano, Agrícola Sara Palma, ha tenido que ir mejorando las características y parámetros comerciales que tiene la fruta en los distintos mercados internacionales para cumplir con dichas exportaciones, tales como el tamaño (grado y largo del banano), peso y ratio, los cuales depende del medio ambiente y de las labores culturales; labores como: embolse, identificación, desbacote, desflore, desde, desmane, deshoje, control manual de la sigatoka, protección de fruta fertilización, control de maleza entre otras.

¹ Garantiza la inocuidad del producto, el cuidado del medio ambiente y la salud, seguridad y bienestar de los trabajadores.

² Dentro de la industria del banano, asegura a los consumidores de esta fruta, que la misma proviene de fincas donde se le da condiciones dignas a los trabajadores y a sus familias, así mismo, certifica la protección de los recursos naturales y la biodiversidad.

En finca jacaranda perteneciente al grupo de Agrícola Sara palma S.A.S, en el presente año se ha observado una disminución de las cajas exportadas con respecto al año 2022 en la mismas épocas (enero, febrero, marzo abril) (**Anexo 1**) y un aumento poco uniforme en las cajas nacionales de los mismo meses del año 2023 con respecto al año 2022 (**Anexo 2**), lo que da a entender que los racimos cosechados para exportar en su mayoría no cumplen con las especificaciones (dimensiones) de los mercados internaciones y por ello, son enviados para las cajas de los mercados nacionales o directamente remitidos desde el corte del racimo ya que no cumplen con las especificaciones y/o no cumple con la cantidad de hojas 5 o más, requisitos para ser cosechada para los mercados de exportación, para evitar el riesgo a que el banano este maduro o alcance madurez durante el transporte hacia el exterior, en consecuencia, lo que puede causar el rechazo del pallet y/o todo el lote de banano exportado hacia dicho lugar.

Frente a estas problemáticas se plantea un reto para Agrícola Sara Palma S.A.S, debido a que implica una incapacidad por parte de la finca de cumplir con las especificaciones requeridas por los mercados externos. Por ello, es importante indagar en el análisis de las operaciones de campo, en especial el desmane, el número de manos, y su efecto en la producción del banano y en la calidad de esta. La falta de análisis de ambas labores de campo ha afectado directamente la producción y calidad del banano, ya que impactan directamente en la formación del racimo y las dimensiones de la fruta (largo, grado y peso del racimo) lo cual es un factor clave en la disminución de las cajas del mercado internacional y el aumento de las cajas del mercado nacional.

Para cumplir con las especificaciones de los distintos mercados, en cultivo de banano se realizan diferentes actividades y/o prácticas culturales entre las principales, desmane, desde, eliminación de follaje entre otras. De acuerdo con (Cedeño, 2013) esta operación de desmane proporciona un incremento del tamaño y peso de los dedos y por ende el ratio (la cantidad de cajas que puede producir un racimo de banano). (Irizarry et al., 1989, 1992, 1994; Johns, 1996; Meyer, 1975; Mora, 2000) señalan aumentos en la longitud y en el grosor de los frutos de mano distal.

Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de las operaciones de desmane y numero de manos sobre el potencial productivo de banano en la finca Jacaranda del grupo Agrícola Sara Palma S.A.S., con ello, se busca evaluar el efecto de la práctica de desmane con respecto a las dimensiones del fruto y el peso del racimo, y la capacidad de predecir el potencial

productivo de la finca Jacaranda mediante RNA, observar si hay una ganancia de peso y aumento en las dimensiones del fruto frente a esta labor en sus distintos niveles y con ello, poder analizar el mejor desmane y numero de manos que ayude a cumplir con las especificaciones de los mercados internacionales (**Anexo 3**) que tiene la finca Jacaranda.

2 Planteamiento del problema

Las empresas productoras de banano se centran de manera general en cómo manejar su plantación de banano y no en evaluar adecuadamente las labores de campo previas a la cosecha de racimo, lo cual afecta directamente las exigencias de los mercados de exportación de esta fruta. Desde este punto, la finca Jacaranda del Grupo ASP ha presentado inconvenientes con la comercialización de esta fruta, debido a que la fruta cosechada no cumple con los criterios de calidad, con respecto a las dimensiones del fruto, lo cual refleja una disminución en las cajas de banano de tipo exportación en los 4 primeros meses del año 2023 y un aumento en cajas de banano nacional en los mismos meses con respecto a la misma temporada de 2022 (**Anexo 1, Anexo 2**), Además, de no contar con un análisis de los efectos de las labores de campo tal como es el desmane y número de manos, importantes para cumplir con los estándares de calidad con relación a la longitud y diámetro mínimo del banano a comercializar.

1.1 Antecedentes

Un estudio realizado por Vargas (2014), determino la respuesta del racimo de banano a un desmane intensivo, en racimos provenientes de nueve, diez y once manos (experimento 1) y once doce y trece manos (experimento 2). Se midieron variables relacionadas con las dimensiones del racimo de banano. El grosor presento un comportamiento lineal creciente y fue similar ($P > 0,0508$) entre desmanes en gran parte de las evaluaciones de cada tamaño de racimo, la distancia ápice de fruto-raquis no presentaron diferencias significativas ($P > 0,3797$) en los racimos de menor tamaño (9 y 10 manos) pero incremento ($P < 0,0497$) en racimos con mayor intensidad de desmane, esta distancia solo vario en los racimos más desmanados del experimento 2 donde fue mayor ($P < 0,0295$). Así mismo, el intervalo floración-cosecha y peso del racimo descendió en los racimos con mayor intensidad de desmane. Por último, la cosecha, el grosor y el largo del banano fueron similares ($P > 0,0732$) entre desmanes y tamaños de racimo.

Parrales et al., (2016) estudiaron el desmane en los racimos de clon Cavendish, realizando desmane Falsa+1, Falsa +2 y sin desmane, con la finalidad de determinar si esta práctica mejora la presentación de los racimos y consigue mayor grado de los frutos y una mayor conversión de

racimo-caja. observaron que se hayo un incremento en la conversión racimo-caja, alcanzando a 1,2 y 1,3 para el desmane F+2 y F+3 respectivamente, por el contrario, el sin desmane fue de 0,9; debido a que estos racimos no alcanzaron las dimensiones apropiadas para exportar. Los desmanes realizados mostraron un incremento en la longitud de los dedos de las manos inferiores, peso de manos, incremento de grado, por lo cual disminuyo la merma y porcentaje de rechazo.

La investigación hecha por Vargas (2001), con el propósito de evaluar el efecto del desmane (0, 1,2 y 3 manos podadas) sobre el peso y dimensiones del racimo de banano Musa AAA en épocas climáticas favorables y adversas, mostro como resultado que por cada mano eliminada hubo una reducción de 1,5kg y 2,1kg en la época favorable y adversa respectivamente para el clon Gran Enano y para el Clon Valery fue respectivamente de 1,8 y 2,3 kg, ambos clones con ($P>0,01$). En cuanto al diámetro, este no vario ($P>0,19$) entre ambas épocas y clones, la longitud del fruto difirió ($P<0,03$) entre tratamientos únicamente en el Gran Enano con un efecto creciente en ambas épocas ($P<0,03$).

De acuerdo con Cerezo (2012), las variables de calidad del racimo no mostraron diferencias significativas al utilizar las 3 alternativas de desmane (F+1, F+2 y F+3), se mantuvieron equivalentes el grado de los dedos de las manos, las longitudes, el número de dedos, peso del racimo, peso de fruta exportable y el ratio.

2 Justificación

En la actualidad, los mercados de consumo de banano han aumentado a través de los años y al mismo tiempo sus estándares de calidad de la fruta exportable, lo cual causa que las empresas productoras de banano evalúen sus métodos de producción y busquen alternativas para cumplir con las exigencias actuales de dicho mercado. Así mismo, uno de los factores limitantes y dominantes para la comercialización enfocada a la exportación, es el grosor o calibre del fruto en conjunto con el intervalo de cosecha del racimo (Jaramillo, 1982), debido a estos requisitos de los mercados en cuanto al largo y diámetro mínimo de los dedos, los agricultores y técnicos bananeros idearon la poda o desmane de manos inferiores, los cuales de forma general no alcanzan las dimensiones deseadas (Soto, 1985). Esta perspectiva se apoya en (Asociación Naturland, 2001) citado por (Barrera et al., 2010) argumenta que esta práctica se ha convertido en una herramienta para manejar las dimensiones del fruto.

Esta práctica de desmane junto con otras actividades y prácticas culturales como desdese, eliminación de follaje, desbacote, desflores entre otras, son esenciales para la formación y llenado de la fruta. La falta de análisis de esta labor ha repercutido directamente en la producción y calidad del banano en la Finca Jacaranda, debido a que se relaciona con el llenado y dimensiones del fruto, características importantes para los cumplir con los mercados internacionales.

En este contexto, el estudio del efecto de esta labor de desmane junto con el número de manos sobre el potencial productivo del banano de la finca, es de gran interés para Agrícola Sara Palma S.A.S. y fincas que la conforman. Esta investigación tiene potencial para contribuir con la mejora de esta labor y con el cumplimiento de las exigencias comerciales de esta fruta a futuro, por esta razón se estudió las operaciones de desmane y número de manos, con el objetivo de evaluar su efecto sobre el potencial productivo del banano de la finca Jacaranda, además, este estudio proporcionará datos e información valiosa que sirve como referido para otras fincas pertenecientes al Grupo de ASP.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de las operaciones de desmane y numero de manos sobre el potencial productivo de banano en la finca Jacaranda del grupo Agrícola Sara Palma S.A.S.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar e Identificar los espacios muestrales y/o lotes productivos de banano en finca jacaranda que cumplan con los supuestos estadísticos de aleatoriedad, homocedastidad, independencia tratados a diferentes condiciones de desmane, numero de manos y semanas de cosecha.
- Diseñar la red neuronal para el procesamiento de los datos potencial productivo de banano a partir de las variables de entrada: Lote, nivel de desmane, numero de manos y semana de corte.
- Obtener el algoritmo de predicción del potencial productivo de banano a partir de las variables de entrada (lote, nivel de desmane, numero de manos y semana de corte) de la red neuronal diseñada

4 Marco teórico

4.1 Banano tipo exportación

Es trata de un cultivo especial con sistemas de producción de alto nivel tecnológico y una misión exportadora. Cuenta con un alto nivel de integración entre productores y comercializadoras nacionales e internacionales (Finagro, 2018).

4.2 Variedad Cavendish en finca de Agrícola Sara palma

El banano tiene una gran variedad de genero Musa, la más cultivada en Colombia en las productoras y comercializadoras de banano es el subgrupo Cavendish, los más sobresalientes de este grupo son los clones de Valery, Gran enano y Williams, este subgrupo es reconocido por sus múltiples beneficios nutricionales, también por su buen sabor y textura. Además de que son una variedad que tiene gran resistencia a variedades de climas. En las fincas de agrícola Sara palma se cultiva banano de la variedad Cavendish. Este es un subgrupo de variedades que pertenecen al grupo de musáceas denominadas AAA. Es la variedad de mayor importancia a nivel nacional y de mayor capital en el comercio mundial.

4.2.1 Variedad william

Tiene un alto rendimiento del fruto y calidad en el fruto producido, además, se caracteriza por ser una planta semi enana de pseudotallo vigorosos y gran sistema radicular que da mayor resistencia al volcamiento por vientos. Tiene buena adaptación a duras condiciones de clima, suelo y agua, pero es muy susceptible a los nematodos y a la sigatoka (Ayuque & Inga, 2019)

4.2.2 Variedad Gran Enano

Se caracteriza por ser una planta con pseudotallo alto, hojas anchas, frutos medianos de excelente calidad, es resistente a la raza 1 de *Fusarium oxisporum*, tolerante al viento y a la sequía (Robinson & Galan, 2012)

4.2.3 Variedad Valery

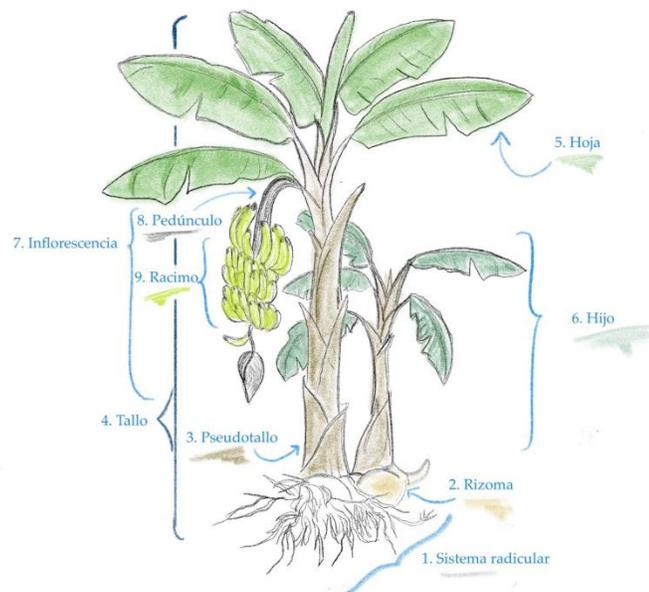
La banana Cavendish Valery, presenta un pseudotallo de color verde con manchas oscuras y alcanza en promedio una altura de 2,10 m y un diámetro en su base de 20 cm. El racimo, a la madurez comercial, tiene 170 dedos con un peso de 180 g por dedo en promedio. A la madurez fisiológica el fruto es de color verde amarillento, de menor longitud que el del “seda” y de ápice romo. (Comisión Nacional de Fruticultura, 1997 citado por Proyecto BID-ADEX, 2009)

4.3 Morfología de la planta de banano

La planta de banano es una hierba perenne de gran tamaño (**Figura 1**), es considerada una hierba debido a que sus partes aéreas mueren cuando termina su cosecha y no tienen componentes leñosos y es perenne debido a que surge un brote llamado hijo desde la base de la planta madre para tomar reemplazo de las partes aéreas muertas (Robinson & Galan, 2012). A continuación, se muestra la morfología de una planta de banano.

Figura 1

Morfología de una planta de banano.



Nota. Fuente <https://www.banabiosa.com/es/arbol-del-banano-o-planta-del-banano/>

4.3.1 Inflorescencia

Se produce mediante la yema vegetativa del cormo transformado, la cual se incrementa de volumen y procede su viaje por el centro del pseudotallo (Abreu Olivo et al., 2007). La yema floral es cónica y corta, las células de esta yema se seguirán desarrollando longitudinalmente y hacia arriba por la parte del medio del pseudotallo hasta salir parte superior de la planta. Dentro del pseudotallo, el crecimiento de los brotes florales difiere e inicia su desarrollo al surgir la bellota (**Figura 2a**), en este punto ya se puede diferenciar los brotes florales con el número de manos y dedos; la mano se le conoce a las flores femeninas agrupadas en grupos de dos hileras apretadas y sobrepuestas; y se distribuye a lo largo del eje floral en forma helicoidal; el conjunto de este tipo de flores conglomeradas en manos se le conoce como **racimo** (Jiménez, 2006), este racimo de banano (**Figura 2b**) está conformado por varias manos, lo cual depende la variedad del banano y de las prácticas agronómicas aplicadas durante su desarrollo.

Figura 2

a) Bellota de la planta de banano. B) Racimo de banano



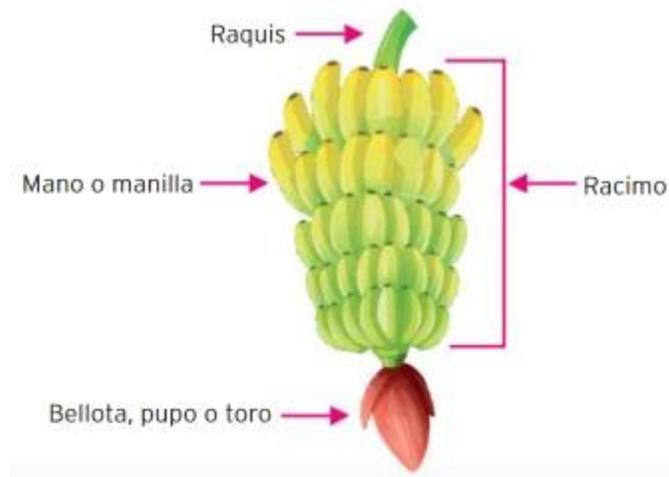
Nota. Fuente Tomado de la plantación de banano Finca Jacaranda.

4.3.2 Partes de un racimo de banano

Un racimo de banano se compone de 3 partes (**Figura 3**), las cuales son: Raquis, mano o manilla y bacota o bellota.

Figura 3

Partes de un racimo de banano



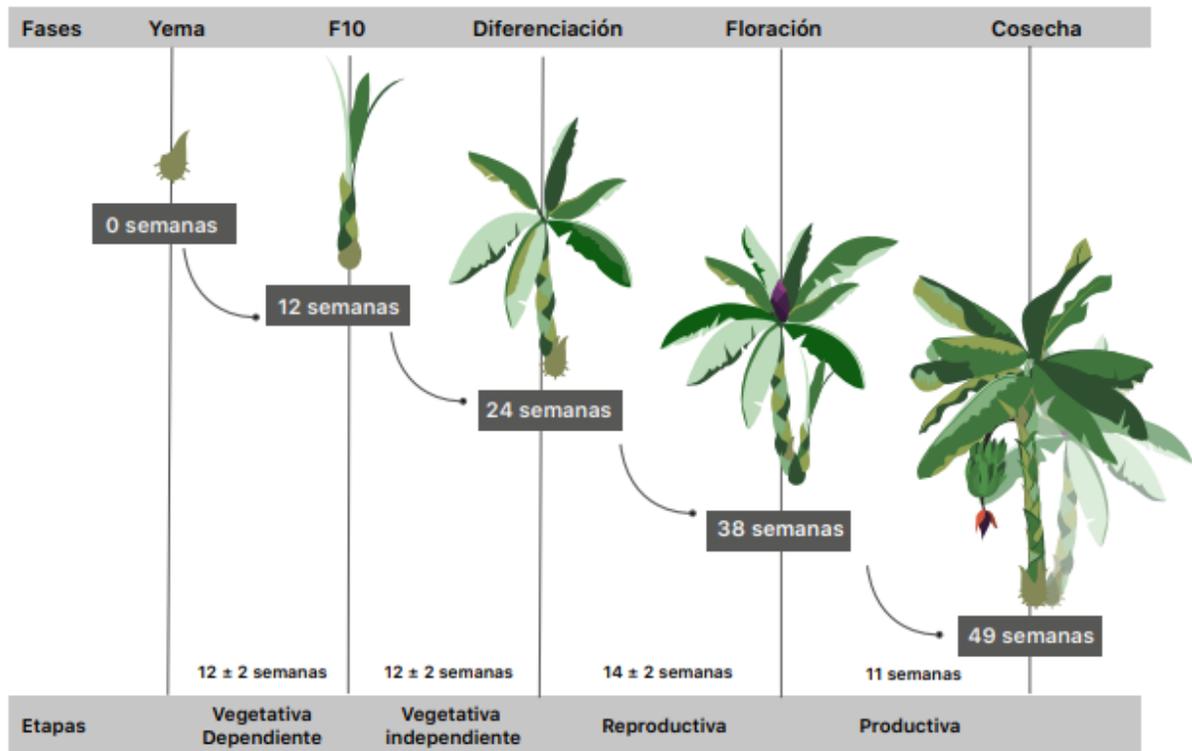
Nota. Fuente (Murieta & Palma, 2018)

4.4 Fenología del banano

El proceso transicional vegetativo y productivo de la planta de banano se puede medir utilizando el tiempo o por medio de la caracterización de rasgos morfológicos. Desde la selección de la yema hasta la recolección pasan alrededor de 48-52 semanas aproximadamente (Londoño et al., 2023). La fenología es definida como el ciclo de desarrollo de la planta descrito en fases y etapas (**Figura 4**).

Figura 4

Esquematización de la fenología del cultivo de banano



Nota. Fuente (Londoño et al., 2023)

De acuerdo con Londoño et al., (2023) la fase F10 se caracteriza por la emisión de la hoja F10 y desde este punto aparecen los primeros brotes pentagonales, generalmente de comportamiento tierrero. En cuanto a la fase de diferenciación, se caracteriza por el crecimiento de aproximadamente 12 hojas después de haber sido emitida la hoja F10 y pasa la diferenciación del punto de crecimiento a meristemo floral. Es importante saber que a partir de esta fase salen los brotes del segundo pentágono y se debe elegir el hijo de sucesión. Después de la fase de floración, las plantas producen sus brotes de tercer pentágono, lo cual ayuda a incrementar el intervalo de floración de la unidad productiva y la madre tiene menos reservas disponibles.

4.5 Labores previas al desmane del banano

4.5.1 Embolse

Esta labor de campo consiste en proteger el racimo desde su etapa de floración, utilizando para ello una funda o bolsa plástica con el objetivo de evitar los ataques de insectos y otros daños ocasionados por hojas, quema por radiación y demás factores ambientales. Existen dos tipos de embolse, el embolse es en presente cuando el lunes, el racimo tiene más de 3 brácteas abiertas (cinta de 1 semana de edad que se utilizó la semana anterior) y es embolse prematuro cuando la planta recién emite la bacota. (cinta de cero semanas)(Agrícola Sara Palma, 2023)

4.5.2 Identificación

Esta labor se debe realizar en sincronía con el embolse, consiste en poner una cinta de color según corresponda a la semana de parición, según el calendario establecido se usan 10 colores distintos, uno por cada semana; y sirve para identificar la edad del racimo (Agrícola Sara Palma, 2023b)

4.5.3 Desbacote

Esta práctica consiste en la eliminación de la bacota, con la finalidad que el racimo tenga un desarrollo óptimo, para evitar desgarre y putrefacción del vástago; esta labor se realiza cuando el racimo haya generado 7 nudos, después de la último espuela o dedo testigo. Se tiene que hacer manualmente en todas las fincas sin excepciones. (Agrícola Sara Palma, 2023b)

4.5.4 Desflore

Esta práctica consiste en quitar las flores de las manos del racimo para evitar daños de la fruta y hospedero para los insectos. Esta labor se debe realizar en dos vueltas, en la primera se eliminan las flores de las manos superiores y en la segunda vuelta, se quitan las flores de las manos inferiores. Es importante tener en cuenta que si la flor presenta una coloración café y/o es resistente no se debe retirar debido a que puede generar mancha de látex, se desflora cuando los dedos están paralelo al suelo. Cuando se hace esta práctica se debe subir la bolsa o funda temporalmente para

hacer el desflore y después se debe sacudir para rectificar que los residuos caigan del suelo, luego se debe bajar la bolsa nuevamente (Agrícola Sara Palma, 2023b)

4.5.5 Desdede

Esta labor se ejecuta solo si la jefatura de servicios técnicos da el aval e instrucciones para su realización. La práctica consiste en eliminar los dedos laterales de las manos de los racimos y se realizará en la mano y dedo que defina el jefe de servicios técnicos. Se debe realizar gradualmente en la medida en que la cada mano quede expuesta (bota la bráctea) con los dedos apuntando hacia el suelo. En caso de que la labor de desdede y desflore no se realicen en el tiempo oportuno, ya no se debe hacer, debido a que el látex emitido forma una mancha sobre la fruta, afectando su apariencia (Agrícola Sara Palma, 2023b)

4.5.6 Desmane

La labor se realiza en presente, cuando todas las manos estén paralelas al piso, consiste en retirar la mano falsa y la cantidad de manos verdaderas determinadas por la empresa. La mano falsa, es la primera mano de apical a basal que presente al menos un dedo no verdadero (flor masculina). La finalidad de esta práctica se realiza para lograr un mayor peso, largo y grueso de las manos que se dejan en el racimo. Se debe dejar dos espuelas o dedos testigos, uno en la mano falsa y otro en la mano por arriba de la falsa para prevenir o retardar futuras pudriciones en la fruta. El desmane a ejecutar en las fincas de ASP puede cambiar dependiendo de la temporada del año o condiciones particulares de una finca o lote, generalmente en épocas de lluvia se debe realizar desmane falsa + 2, con consideraciones de piso y techo del lote y para la temporada de verano se podrá aumentar el desmane a falsa +3. (Agrícola Sara Palma, 2023b)

De acuerdo con la información de Murieta & Palma (2018), existen 3 tipos de modalidades para realizar esta labor:

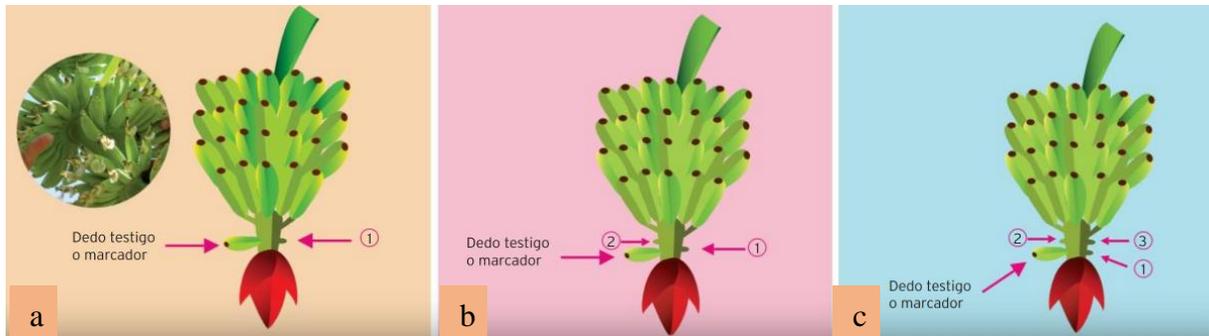
F+1: Consiste en eliminar la mano que está por encima al dedo testigo (**Figura 5a**).

F+2: Consiste en eliminar dos manos por encima de la mano al dedo testigo (**Figura 5b**).

F+3: Consiste en eliminar tres manos por encima de la mano del dedo testigo (**Figura 5c**).

Figura 5

Tipos de niveles de la labor de desmane



Nota. a) Desmane falsa más uno (F+1). b) Desmane falsa más dos (F+2). c) Desmane falsa más tres (F+3). Fuente (Murieta & Palma, 2018)

4.6 Desmane del racimo

El desmane o poda de manos consiste en eliminar las dos o tres últimas manos de cada racimo y se utiliza rutinariamente en los sistemas de producción de banano de tipo exportación (Quintero & Aristizábal, 2003), con el objetivo de incrementar la longitud, diámetro y peso de los dedos de las manos no eliminadas.

Esta perspectiva se apoya en (Rodríguez et al., 1988) mencionando que la práctica del desmane es definida como la eliminación/poda de varias manos distales, para que la materia seca no aprovechable comercialmente se distribuya entre las manos que no fueron eliminadas, que necesita aumentar su tamaño

Para obtener fruta de exportación involucra una tarea fundamental, el cual consiste en eliminar la bellota y las flores masculinas en su totalidad y las femeninas (desmane) que se observa que no cumplirá con los estándares de calidad exigidas por los mercados. Este proceso se lleva a cabo cuando el racimo está totalmente abierto, con la última mano paralela al suelo, con el propósito de mejorar y garantizar una formación más uniforme en el racimo, logrando que los nutrientes suministrados por la planta al racimo sean aprovechados por la fruta destinada a exportar a los distintos mercados (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, 2002)

Un estudio realizado por (Barrera et al., 2010) evaluó el efecto de la remoción de manos y dedos laterales del racimo sobre los componentes de calidad y producción del banano, se evaluaron cuatro tratamientos diferentes con 70 repeticiones por tratamiento, pero se encontró que ninguno de los tratamientos afectó significativamente el peso del racimo. No obstante, se encontró efectos significativos en la segunda mano basal y última mano apical respecto a las variables largo y grado del banano.

Otra investigación realizada por Viscarra, 2002, citado por (Cerezo, 2012) para determinar los impactos del número de desmane y su influencia en la calidad y producción de fruta de banano, con tratamiento de desmane (poda de mano) en variedad Cavendish gigante, se descubrió que el nivel de desmane Falsa +3 resultó en la producción más alta de frutas de exportación y con una calidad superior, este nivel de desmane mostro un incremento significativo de hasta 7,03 kg por racimo en comparación con otros niveles de desmane.

4.7 Sioma

Empresa dedicada a crear tecnología de agricultura de precisión enfocada en banano y palma de aceite. Desarrollan hardware y software para que cada agricultor pueda obtener datos de sus fincas en el sistema de Big Data y tome decisiones en el momento adecuado (Sioma, s. f.)

Esta empresa le brinda tecnologías a la empresa Agrícola Sara Palma S.A, una de estas tecnologías es la báscula inteligente de Sigma, está ubicada en el área de barcadilla la cual registra los pesos de los racimos que llegan a dicho sitio y el color de las cintas que estos llevan.

4.7.1 Báscula inteligente Sigma

Es una Báscula inteligente para pesar los racimos en el cultivo de banano. (**Figura 6**) Esta herramienta pesa todos los racimos y transmite la información automáticamente a la aplicación web.

Figura 6

Báscula inteligente Sigma para pesaje de racimos de banano



Nota. Fuente Tomado de la plantación de banano finca jacaranda

4.8 Barcadilla

Es el área donde se recibe la fruta después de su cosecha y donde se le realiza la primera inspección a la fruta. El barcadillero se encarga de la cuantificación y verificación de cinta de las edades de los racimos cosechados, pesaje, medición del largo y espesor del banano según las especificaciones de los mercados donde comercializan.

Una vez llega los racimos a la barcadilla por el cable vía (**Figura 7**), estos son pesados uno por uno por la *báscula inteligente Sigma* (**Figura 6**), pesados todos los racimos se transmite la información automáticamente a la aplicación web

Figura 7

Llegada de los racimos a barcadilla.

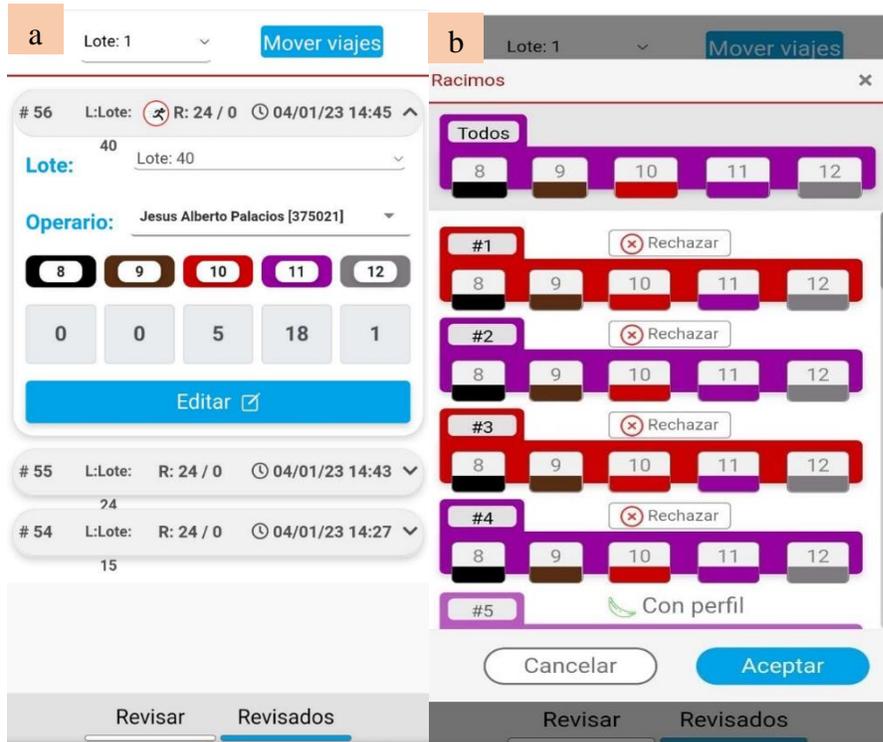


Nota. Fuente Tomado de la plantación de banano Finca Jacaranda

Cuando llega la información al aplicativo web de sioma (**Figura 8**), el barcadillero se encarga de editar esta información: colocar el lote de donde llegaron los racimos, el nombre del operario el cual es el garruchero (encargado de traer los racimos por el cable vía a barcadilla) y registrar la cinta de color de la edad de los racimos (**Figura 8a**), es decir, coloca en orden la cinta de color adecuada por edad a cada uno de los racimos (**Figura 8b**). Por otra parte, cuando se registra las cintas de color, se muestra el número del racimo que se le debe realizar perfil racimo.

Figura 8

Interfaz del aplicativo web de Sioma



Nota. a) Registro de lote por el operario. b) Puesta de cintas de color de los racimos cosechados. Fuente Tomado del aplicativo móvil de Sioma.

4.9 Perfil racimo

El perfil racimo es una herramienta administrativa que se encarga de estudiar las características físicas de los racimos (**Figura 9**), relacionando su desarrollo con el manejo adecuado del cultivo y factores ambientales para la toma de decisiones (Agrícola Sara Palma, 2023a)

La información que recoge esta herramienta es la siguiente:

- **Peso del racimo:** es el peso del racimo de banano cosechado (cuando se ingresa a perfil racimo este valor ya está ingresado debido a que inicialmente ingreso a la báscula inteligente Sigma, encargada de pesar los racimos)
- **Número de manos:** se obtiene contando la cantidad de manos que tenga el racimo.

- **Desmane:** Consiste en eliminar del racimo la mano falsa y la cantidad de manos verdaderas determinadas por la empresa, la mano falsa es la primera mano de apical a basal que presente por lo menos un dedo no verdadero.
- **Desdede:** consiste en retirar los dedos laterales de las manos del racimo y se ejecutará en el número de manos y dedos que defina el área de servicios técnicos.
- **Grado:** es el diámetro de los dedos centrales de la fila externa de la mano basal y apical, el cual incrementa uniformemente a la edad de la fruta hasta la cosecha, esta medida es tomada mediante un calibrador
- **Largo:** es el largo a la pulpa de los dedos centrales de la fila externa de la mano basal y apical el cual incrementa uniformemente a la edad de la fruta hasta la cosecha.

Nota: el largo a la pulpa significa es medido con una cinta métrica en pulgadas desde el cuello del banano hasta la pulpa como se indica en el **Anexo 4**

- **Número de dedos:** Son la cantidad de dedos que hay en una mano del racimo de banano.

Nota: El grado se expresa como el número treinta y dos avos de pulgada sobre una pulgada. Para obtener este valor de utilizar un calibrador de banano de 1" a 2" por 1/32".

Figura 9

Perfil racimo con parámetros evaluados

Perfil racimos

#1 10 Semanas

Número de manos

3

(*) Desmane

F+1 F+2 F+3 F+4

(*) Desdede

Sin desdede 1-1 2-1 3-1

Basal

(*) Grado (*) Largo Dedos

Apical

(*) Grado (*) Largo Dedos

Cancelar Aceptar

Nota. Fuente Tomado del aplicativo móvil de Sioma

4.10 Redes neuronales artificiales

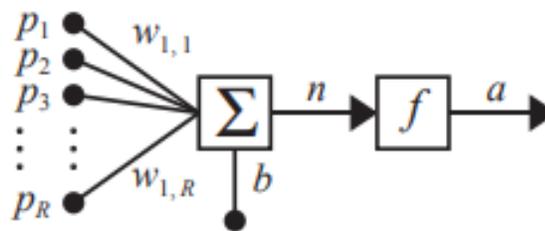
Una red neuronal artificiales (RNA) es un modelo computacional con una estructura en capas similar a la estructura interconectada de las neuronas en el cerebro, con nodos conectados capa por capa. Una red neuronal puede aprender de los datos, por lo que puede entrenarse para reconocer patrones, clasificar datos y predecir eventos futuros. Las redes neuronales descomponen las entradas en capas de abstracción. Su procedimiento está dado por cómo se conectan sus elementos individuales, tal como por la importancia de dichas conexiones (MathWorks, s. f.-b).

La unidad fundamental de una red neuronal es el nodo, las conexiones entre neuronas se desarrollan con entrenamiento y pueden transmitir una señal a otra neurona, está la procesa y la transfiere a las otras neuronas conectadas a esta. Las señales viajan desde la primera capa hasta la

última capa. Las neuronas unidades computacionales simples que tienen señales de entrada ponderadas y transmiten una señal de salida mediante una función de activación, esta función modera el umbral en el que se activa la neurona e intensidad de la señal de salida (Ardila & Suárez, 2019). En la **Figura 10**, se puede observar la estructura de una red neuronal.

Figura 10

Estructura de una red neuronal artificial.



Nota. Fuente (Hagan et al., 2014)

La salida de una neurona (a) (ecuación 1) está dada por la suma de todas las entradas (p) multiplicado por los pesos (W) más el bias. La función de activación (f) (**Figura 11**) es la que se encarga de relacionar la información de entrada de la neurona con la activación de la salida (Hagan et al., 2014).

$$a = f(Wp + b) \quad \text{Ecuación 1}$$

El elemento básico de un sistema neuronal biológico es la neurona y dicho sistema está compuesto por millones de neuronas organizadas en capas. La reproducción de dicho sistema, a través de un sistema neuronal artificial, se consigue determinar una estructura jerárquica idéntica a la del cerebro. El elemento fundamental será la neurona artificial, esta se organiza en capas y múltiples capas constituyen una red neuronal. En conclusión, el sistema global de proceso de una red neuronal (**Figura 12**) está constituida por una red neuronal junto con los interfaces de entrada y salida. (Larranaga et al., 1997)

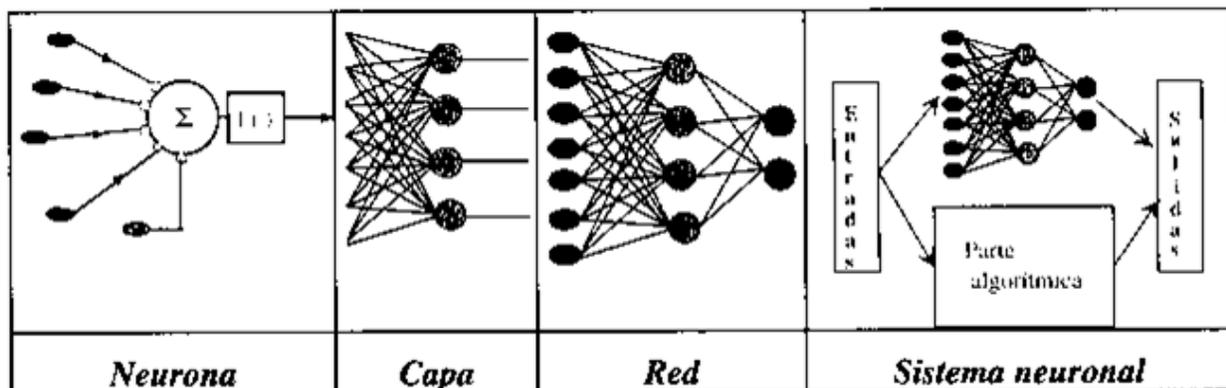
Figura 11
Funciones de activación

Name	Input/Output Relation	Icon	MATLAB Function
Hard Limit	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$		hardlim
Symmetrical Hard Limit	$a = -1 \quad n < 0$ $a = +1 \quad n \geq 0$		hardlims
Linear	$a = n$		purelin
Saturating Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlin
Symmetric Saturating Linear	$a = -1 \quad n < -1$ $a = n \quad -1 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlins
Log-Sigmoid	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$		logsig
Hyperbolic Tangent Sigmoid	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$		tansig
Positive Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n$		poslin
Competitive	$a = 1$ neuron with max n $a = 0$ all other neurons		compet

Nota. Fuente (Hagan et al., 2014)

Figura 12

Sistema global de proceso de una red neuronal



Nota. Fuente (Larranaga et al., 1997)

4.10.1 Arquitectura de una red neuronal

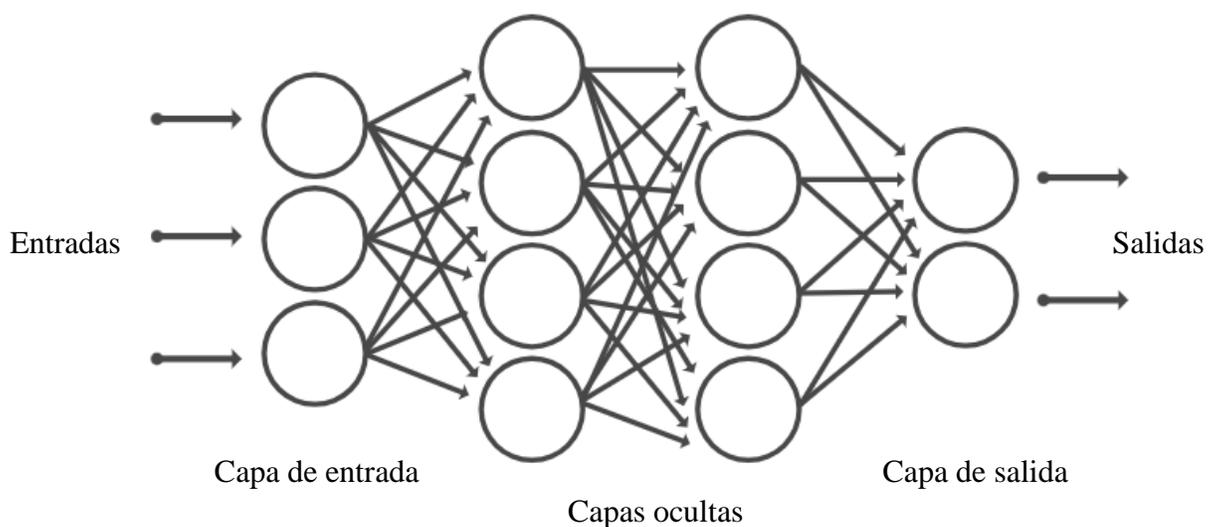
Se denomina arquitectura a la estructura de una red neuronal. En dicha red, los nodos están conectados por sinapsis y el comportamiento de la red está dado por la estructura de las conexiones sinápticas, dichas conexiones son direccionales, en otras palabras, la información solo puede viajar en una dirección. En conjunto, las neuronas suelen estar aglomeradas en unidades estructurales, a las que llamamos capas. Una colección de una o más capas forma una red neuronal. (Larranaga et al., 2023)

Dentro de una red neuronal, los elementos de procesamiento se encuentran agrupados por capas y estas capas están compuestas por múltiples neuronas (Acevedo et al., 2017), las capas de una red neuronal están divididas en 3 grupos (**Figura 13**)

- **Capa de entrada:** recibe las señales o información del exterior.
- **Capas ocultas:** se encarga de realizar el trabajo de la red neuronal
- **Capa de salida:** proporciona el resultado del trabajo de la red al medio, además, de darle información a otras neuronas.

Figura 13

Arquitectura típica de una red neuronal



Nota. Fuente (MathWorks, s. f.-b)

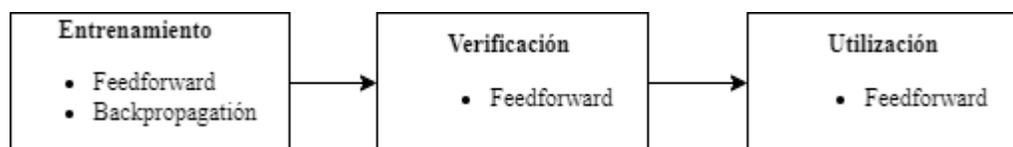
4.10.2 Aprendizaje de una red neuronal

Las redes neuronales artificiales son un sistema basado en ejemplos y su capacidad para resolver un problema está relacionada a la clase de ejemplo de que dispone en el proceso de aprendizaje, durante el proceso de aprendizaje debe haber variedad de ejemplos o muestras para que la red sea capaz de adaptar sus pesos de forma eficaz (ser significativo); los componentes del conjunto de aprendizaje deberán ser diversos y si dicho conjunto tiene suficientes ejemplos de un tipo que de otro, por lo que la red se especializara en dicho tipo de datos y no tendrá una aplicación general (ser representativos). En general, el proceso de aprendizaje implica gradualmente incorporar todos los ejemplos del conjunto de aprendizaje, y ajustar los pesos de las conexiones mediante un determinado esquema de aprendizaje (Viñuela & León, 2004).

Para que la red neuronal funcione, se debe entrenar la misma, en este punto, se presenta el conjunto de datos de entradas y salidas conocidas, la cual se extiende mediante la red hasta encontrar unas salidas (feedforward), así mismo, se van modificando los pesos y bias de forma que la salida encaje con la deseada (backpropagation). Después, se verifica la red por medio de entradas y salidas conocidos haciendo igualmente feedforward, pero sin la necesidad de backpropagation, debido a que al inicio fue entrenada previamente. En este punto, se puede utilizar la para el uso deseado de la red neuronal artificial, solo si, las salidas son las esperadas (**Figura 14**). En la red, se propagará una entrada mediante feedforward, dando así, las salidas correspondientes de las entradas (Lasarte, 2017).

Figura 14

Secuencia del desarrollo de una red neuronal artificial



Nota. Adaptado de (Lasarte, 2017)

racimo se le realizo a 3 racimos de banano (de 10 y 11 semanas) al azar, de cada viaje de 20-25 racimos durante los días de embarque.

5.3 Mediciones experimentales

- **Semana de cosecha:** se recolectaron previamente por el barcadillero previamente, al momento de ordenar las cintas de los racimos cosechados (edad del racimo) que entran al área de barcadilla en el aplicativo móvil.
- **Peso del racimo:** se midió peso (kg) automáticamente por la báscula Sigma de Sioma, la cual se ubicada en el cable vía que entra a dicha área.
- **Numero de manos:** se recolectaron mediante observación, el barcadillero observo el racimo y anoto en el aplicativo el número de manos tuvo el racimo
- **Desmane:** fue tomada por el barcadillero mediante observación, mirando la parte baja del racimo para ver el tipo de desmane realizado en dicho racimo
- **Largo a la pulpa de la mano basal y apical:** la medición se realizó en pulgadas, sobre la curvatura del fruto central de la fila externa de la mano basal y apical. La medición fue a la pulpa (**Anexo 4**)
- **Grado mano basal y apical:** la medición del calibre o grado se tomó en pulgadas (calibrador de 1" a 2" por 1/32") sobre la parte central del fruto de la fila externa de la mano basal y apical.

5.4 Determinación e Identificación de los espacios muestrales y/o lotes productivos de banano en finca jacaranda

5.4.1 Filtración

Se realizó una filtración en la base de datos, con la finalidad de conocer los lotes que cuentan con las combinaciones de los factores de SC, DM y NM

5.4.2 Esquema de experimento

Para esta primera parte, se realizó un diseño experimental factorial 2^3 debido a que los factores semana de cosecha, desmane y número de manos contaban con 2 niveles, lo cual resultaron 8 combinaciones (**Tabla 1**) Por cada combinación se tomaron 4 repeticiones, dando un total de 32 ensayos. Este diseño fue aplicado para cada uno de los lotes evaluados y solo utilizado en esta primera parte ya que se utilizará en el diseño de la red neuronal toda la base de datos completa.

Tabla 1

Diseño de experimento

Numero de tratamiento	Interacción	Repeticiones
1	SC(10)*DM(2)*NM(5)	4
2	SC(10)*DM(2)*NM(6)	4
3	SC(10)*DM(3)*NM(5)	4
4	SC(10)*DM(3)*NM(6)	4
5	SC(11)*DM(2)*NM(5)	4
6	SC(11)*DM(2)*NM(6)	4
7	SC(11)*DM(3)*NM(5)	4
8	SC(11)*DM(3)*NM(6)	4
Total	-	32

Nota. Los 32 ensayos se aplicaron para cada lote, es decir, 32 ensayos para el lote12, 14...

5.4.3 Recaudación de datos

Se recolectaron los datos factores de desmane, número de manos y semanas de corte y las variables respuesta tales como peso de racimo, largo basal, largo apical, grado basal y grado apical de cada lote estudiado de la finca jacaranda.

5.4.4 Ejecución del diseño experimental en el software Minitab

los datos fueron previamente organizados en columnas en la hoja tipo Excel del software y se ejecutó el diseño experimental agregando los factores y variables respuesta, con el objetivo de analizar los efectos de estos factores sobre las variables respuesta en los distintos lotes. Este mostro un análisis de varianza (nivel de confianza de 95%) para cada variable respuesta, observando los efectos significativos de los factores SC, DM, NM y la interacción de 2 y 3 factores en general, sobre el peso de racimo, largo basal, largo apical, grado basal y grado apical de cada lote estudiado de la finca jacaranda.

5.4.5 Verificación de aleatoriedad, homocedasticidad e independencia.

La aleatoriedad fue mostrada mediante la toma de datos ya que fueron tomados de forma al azar mediante el aplicativo móvil de Sioma. La homocedasticidad e independencia fueron evaluados con la variable respuesta peso del racimo, debido a que es el indicador más relevante en la industria bananera que ayuda en la evaluación y seguimiento de la producción dentro de un cultivo. De acuerdo con (Burgos & Gaitán, 2021), el peso del racimo es uno de los indicadores de rendimiento más relevantes al momento de la cosecha. En la prueba de homocedasticidad se tomaron todos los datos de las interacciones de los 3 factores, y para la prueba de independencia de chi cuadrado (dos factores) se tomaron combinaciones a dos factores (SC-DM, SC-NM y DM-NM) debido a que dicha prueba solo aceptaba dos factores.

5.5 Diseño de la red neuronal para el procesamiento de los datos potencial productivo

5.5.1 Entrenamiento de la estructura de la RNA

Para realizar el entrenamiento de la red neuronal, se estudiaron 3 modelos de predicción, los cuales tuvieron en su capa oculta 10 y 15 neuronas, los modelos contaron con las mismas variables de entrada, solo variaron sus variables de salida en cada modelo. Se utilizaron variables de entrada (Número del lote, semana de cosecha, desmane y número de manos) y variables de salida para el modelo 1 (grado mano basal, grado mano apical, largo mano basal, largo mano apical), para el modelo 2 (grado mano basal, largo mano basal y peso de racimo), y para el modelo 3 (peso de racimo). El grado y largo basal, se seleccionaron en el 2do modelo debido a que estas pueden alcanzar valores mayores con respecto a las de la mano basal, esto se observó con la base de datos y, además, del recorrido en la finca durante el tiempo de recolección de datos experimentales. De

acuerdo con (Vargas, 2012), la cosecha de banano para exportar es puesta en marcha cuando el racimo cuelga de la planta y dependen del grosor del fruto central de la mano basal, en ocasiones se realiza la medición en la última mano cuando se tiene un grosor mínimo exigido para el empaque y el solo el peso de racimo en el 3er modelo, porque es una de las variables más estudiadas en investigaciones sobre el cultivo. (Burgos & Gaitán, 2021). Cabe mencionar el “número de lote” fue puesto como variable de entrada para obtener un solo algoritmo de predicción y no entrenar por separado cada lote del estudio.

Estos modelos predecirán las variables de las dimensiones y peso, eficaz para saber qué características físicas del racimo proporciona cuando se realizan estas labores de desmane y numero de manos (en distinto niveles) en las semanas de cosecha en los distintos lotes de cultivo de banano. Para entrenamiento, se utilizó la base de datos completa de los lotes seleccionados y no solo los datos del diseño experimental, para tenga un mayor aprendizaje de la variabilidad de las dimensiones y peso de racimos en distintas combinaciones de los factores SC, DM, NM.

Los datos fueron analizados en el software Matlab utilizando las redes neuronales artificiales del aplicativo Neural Net Fitting. Al momento de diseñar y entrenar la red neuronal en el aplicativo, se distribuyó los datos en los distintos conjuntos, el 70% de datos (463 muestras) fueron destinados al conjunto de entrenamiento, 20% de datos (132 muestras) para el conjunto de validación y 10% de datos (66 muestras) para el conjunto de entrenamiento, cada muestra de los conjuntos fue tomada al azar por el software. Se utilizo el error cuadrático medio (MSE, ecuación 2) y el R de Regresión para evaluar el ajuste de los modelos, se seleccionó el modelo con un valor de MSE más cercano a cero (0) y un R de regresión con un valor más cercano a uno (1).

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad \text{Ecuacion 2}$$

Donde y_i es el resultado real esperado, \hat{y}_i es la predicción del modelo y N es el número de datos. Los valores de MSE y R fueron arrojado por el mismo Software de Matlab.

5.6 Obtención del algoritmo de predicción del potencial productivo de banano

5.6.1 Validación del modelo

Una vez entrenada la red y validada, se generó el modelo matemático (algoritmo de predicción) que relaciona las entradas y salidas ingresadas en la red neuronal previamente entrenada, para la validación del algoritmo de predicción se ingresaron valores de entrada (lote, semana de corte, desmane y numero de manos) y se obtuvo valores de salida/ predicción.

Se analizo el porcentaje de error (ecuación 4) de los valores reales con los de la predicción mediante la ecuación 3, esto se realizó para cada lote, observando los valores predichos por las combinaciones de los factores SC, DM y NM. Para esto se promedió los valores de cada combinación de la base de datos y utilizando los valores predichos por el modelo seleccionado.

$$\%E = \left| \frac{Valor_{teorico} - Valor_{experimental}}{Valor_{teorico}} \right| * 100 \quad Ecuación 3$$

6 Resultados

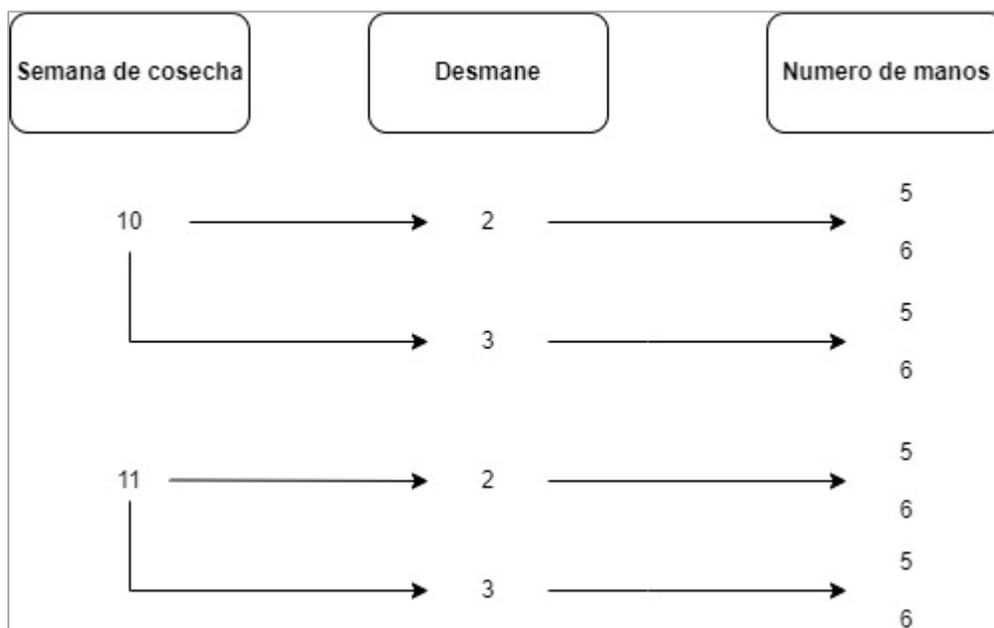
6.1 Estudio de lotes

El perfil racimo reporto datos de las variables independientes (semana de cosecha, desmane, desde, numero de manos) y de variables dependientes (peso de racimo, grado y largo de la mano basal (2da mano) y apical (ultima mano) del racimo de banano). En cuanto a la variable desde se descartó del estudio debido a que se caracteriza por tener valores constantes en todos los casos, un número dos (2), lo cual indica la cantidad de dedos laterales podados en las tres primeras manos del racimo de banano, ya que esta variable no tiene una variabilidad y no apporto niveles para los tratamientos, se descartó del estudio.

La filtración de la base de datos, mostro los mismos niveles de las variables (**Figura 16**) desmane (2 y 3) y numero de manos (5 y 6) para las dos semanas de corte (10 y 11) para 9 lotes y 3 fueron descartados debido a que no cumplían con las combinaciones de tratamientos de estos 3 factores.

Figura 16

Interacción de los factores SC, DM y NM



Se observó que el número de manos contaba con un nivel más (7 manos), pero algunos lotes no contaban con este nivel mediante las combinaciones de los factores mencionados anteriormente, por lo cual no se tomó en el estudio.

6.2 Análisis estadístico

6.2.1 Grado basal y grado apical

Al evaluar la variable grado basal (**Tabla 2**) se observó diferencias estadísticamente significativas con relación al factor SC en los lotes 12 – 20 y 23, respecto al factor DM mostro diferencias significativas en los en los lotes 14, 16 -24. Por otra parte, El factor NM, muestra diferencias significativas ($P < 0,05$) en la mayoría de los lotes a excepción de los lotes 22 y 23. En cuanto al grado apical (

Tabla 3), se ha obtenido diferencias significativas ($P < 0,05$) en la mayoría de los lotes a excepción del lote 16 con relación al factor SC. En cuanto al factor DM no tuvo diferencias estadísticamente significativas en los lotes 15, 20, 22 y 23. Por último, el factor NM tuvo diferencias significativas en los lotes 20, 22 y 23 en relación con la variable grado apical.

Estos resultados difieren con (Vargas et al., 1999) quienes al medir el efecto del desmane y de la remoción de la mano falsa y de la inflorescencia masculina sobre las dimensiones del fruto y el peso del racimo en plátanos del tipo 'Falso Cuerno' (Musa AAB) enano y semi gigante, encontraron que el diámetro no varía ($P > 0,05$) entre los distintos niveles o intensidades de la labor de desmane en el racimo. Estos resultados relacionados con el grosor del fruto concuerdan con (Barrera et al., 2010) quienes al medir el efecto del desmane y remoción de dedos sobre la calidad y producción del banano encontraron que el grado basal y grado apical varía con respecto al desmane, mostraron efectos significativos favorables sobre estos parámetros, indicando un efecto positivo de la labor de desmane.

Tabla 2*Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el Grado basal*

Fuente	Gl	Lotes								
		12	14	15	16	18	20	22	23	24
		Vp								
Modelo	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,000
Lineal	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	0,000	0,000
Sem. Cosecha (SC)	1	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,284	0,000	0,057
Desmane (DM)	1	0,122	0,000	0,203	0,000	0,009	0,000	0,038	0,030	0,001
Manos (M)	1	0,001	0,000	0,000	0,027	0,000	0,047	0,284	1,000	0,000
Inter. de 2 términos	3	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,287	0,000
SC*DM	1	0,598	0,002	0,203	0,003	0,009	0,000	0,003	0,260	0,000
SC*M	1	0,598	0,002	1,000	0,642	0,000	0,005	1,000	0,260	0,001
DM*M	1	0,001	0,053	0,000	0,000	0,170	0,047	0,284	0,260	0,000
Inter. de 3 términos	1	0,598	0,503	0,000	0,642	0,000	0,307	1,000	1,000	0,001
SC*DM*M	1	0,598	0,503	0,000	0,642	0,000	0,307	1,000	1,000	0,001

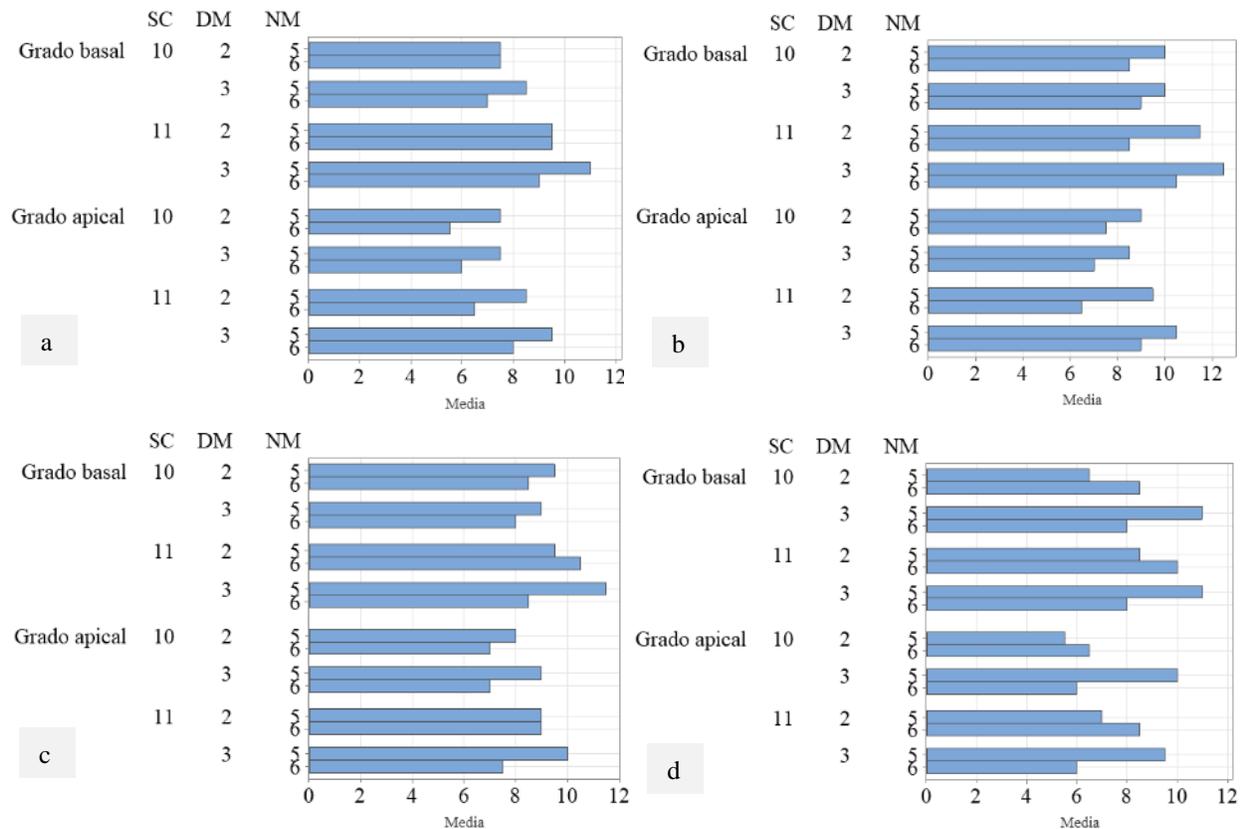
Tabla 3*Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el Grado apical*

Fuente	Gl	Lotes								
		12	14	15	16	18	20	22	23	24
		Vp								
Modelo	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
Lineal	3	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000
Sem. Cosecha (SC)	1	0,000	0,002	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	0,006	0,002
Desmane (DM)	1	0,002	0,022	0,598	0,015	0,027	0,364	0,233	0,057	0,000
Manos (M)	1	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,364	0,233	0,057	0,002
Inter. de 2 términos	3	0,112	0,001	0,005	0,000	0,000	0,001	0,012	0,014	0,000
SC*DM	1	0,030	0,000	0,122	0,015	0,642	0,364	1,000	0,057	0,002
SC*M	1	1,000	0,155	0,598	0,519	0,000	0,010	1,000	1,000	0,053
DM*M	1	0,260	0,155	0,001	0,000	0,642	0,001	0,001	0,006	0,000
Inter. de 3 términos	1	1,000	0,155	0,122	1,000	0,642	0,076	0,022	0,327	0,053
SC*DM*M	1	1,000	0,155	0,122	1,000	0,642	0,076	0,022	0,327	0,053

El grado basal y apical de los lotes 12, 14 y 15, alcanzaron un aumento de grado significativo en las combinaciones de SC(11)*DM(3)*NM(5) (**Figura 17**), con respecto a las otras combinaciones de estos factores, el lote 16, mostro un aumento en el grado basal y grado apical en la semana 10 y 11 con DM(3) y NM(5).

Figura 17

Medias del grado basal y apical de los lotes 12, 14, 15, 16 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.



Nota. a) Lote 12. b) Lote 14. c) Lote 15. d) Lote 16.

En la **Figura 18**, el grado basal y apical del lote 18, 23 y 24 mostro un incremento en las interacciones SC(11)*DM(2)*NM(5), el lote 20 tuvo un incremento en el grado basal y apical en la interacción SM(11)*DM(3)*NM(5). Por último, el lote 22, el grado basal incremento en el NM 5 y 6 en las interacciones de la SC (10), en cuanto al grado apical, se comportó igual que la interacción del lote 18. De acuerdo con las figuras de las medias del grado basal y apical en los

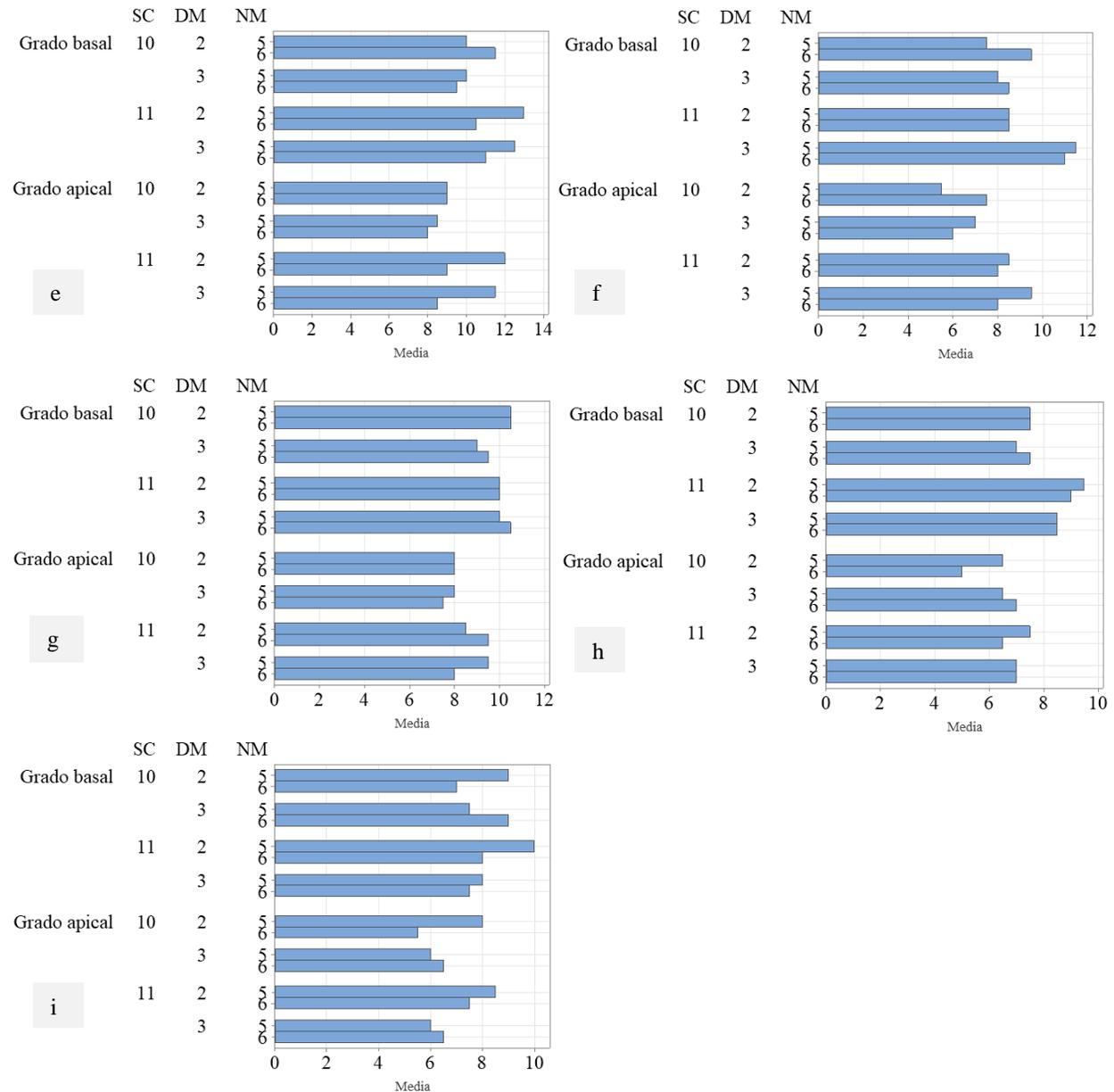
lotes, se observó una diferencia entre las dimensiones de la mano basal y la apical, lo cual es efecto de la parte genética, y también factores climáticos, nutrientes del suelo, área foliar de la planta y el manejo de la fruta a lo largo de su desarrollo.

Estos incrementos en los grados de todos los lotes, se podría inferir que el racimo cosechado en la semana 11 captó más nutrientes y energía con respecto al corte de 10 semanas, dando como resultado un llenado del fruto mayor. De acuerdo con Pelayo, 2001 citado por (Basurto & Párraga, 2008) existe una correlación factor SC y el grado de la fruta en circunstancias normales, sin embargo, en situaciones adversas (altas y bajas temperaturas, ataque de plagas y enfermedades, exceso o deficiencia de agua etc.) para el desarrollo de la planta esta relación se puede afectar, por lo cual, el tiempo justo para cosechar está definido por el grado y la semana de cosecha.

Por otra parte, se observó que el aumento del grado basal y apical se obtuvieron en su gran mayoría en el nivel mayor de desmane, esto concuerda con el estudio de (Del Toro, 2023) el cual realizó una evaluación de labores de protección de fruta y seguimiento al desmane f+1 y f+2, en cultivo de banano, donde encontró que la labor de desmane F+2 obtuvo mejores resultados con respecto al desmane F+1 en la acumulación de asimilados y mayor ganancia de longitud y grado en los frutos.

Figura 18

Medias del grado basal y apical de los lotes 18, 20, 22, 23, 24 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.



Nota. e) Lote 18. f) Lote 20. g) Lote 22. h) Lote 23. i) Lote 24

6.2.2 Largo basal y largo apical

Con los resultados presentes en la **Tabla 4** y **Tabla 5** de la variable largo basal y grado apical respectivamente, indica que el factor SC tiene efecto significativo en los lotes 18, 20, 22 y

24 en relación con el largo basal y apical respectivamente, además, también tuvo un efecto en el lote 12 en relación con el largo apical. Así mismo, factor DM mostro efecto significativo en la variable largo basal en la mayoría de los lotes a excepción de los lotes 15, 22 y 23, este mismo factor no mostro efectos significativos ($P < 0,05$) para el largo apical en los lotes 14, 18 y 22. En cuanto al NM, este factor tuvo efecto significativo en la mayoría de los lotes a excepción del lote 23 en relación con el largo basal, este mismo factor tuvo un efecto estadísticamente significativo en el largo apical en los lotes 15, 16, 18 y 22.

Las interacciones de estos 3 factores con respecto a la respuesta largo basal y apical no tienen un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en la mayoría de los lotes de acuerdo con las combinaciones mostradas en cada tabla, las combinaciones que muestran más efectos son las que contienen el factor NM.

Estos resultados en cuanto al efecto del desmane frente al largo basal de la fruta, muestra una perspectiva diferente con respecto al estudio realizado por (Vargas Calvo et al., 1999), de investigar el efecto de la intensidad del desmane en peso del racimo y dimensiones del fruto de banano (*Musa AAA*, cv. 'Valery'), señalaron que la longitud de la mano basal junto con las otras dimensiones del fruto evaluadas no fue afectada por los cambios de intensidad del desmane, así mismo, la longitud de los frutos de la mano apical no varió cuanto tenían el mismo total de manos con distintos niveles de desmane. Por el contrario, estos resultados coinciden la investigación de (Ruiz, 2014) de evaluar dos métodos de manejo del racimo de plátano, concluyendo que existe diferencia altamente significativa para los niveles del factor desmane con respecto a la longitud del fruto, indicando así, un efecto del desmane sobre la longitud del banano.

Tabla 4*Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el largo basal*

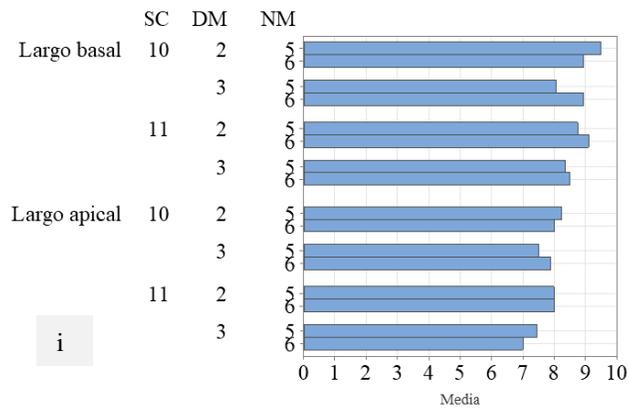
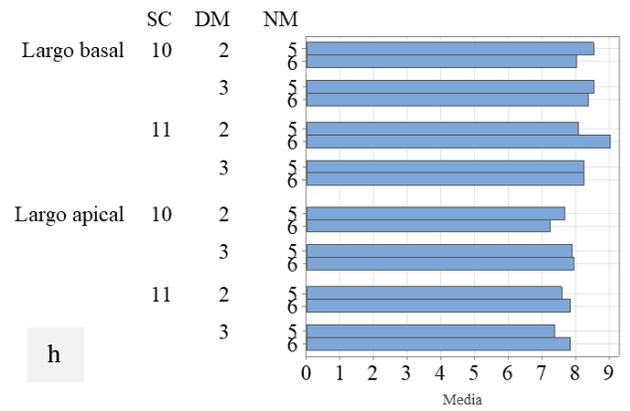
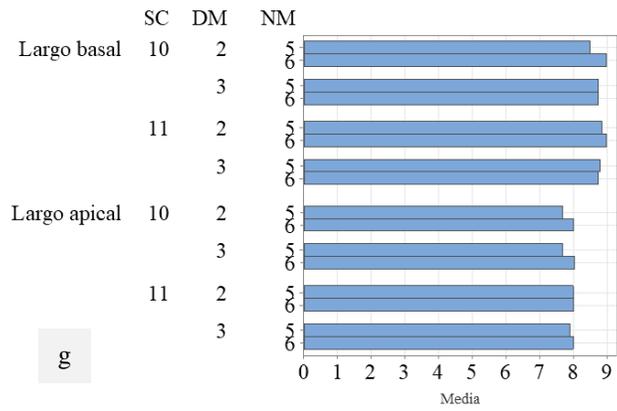
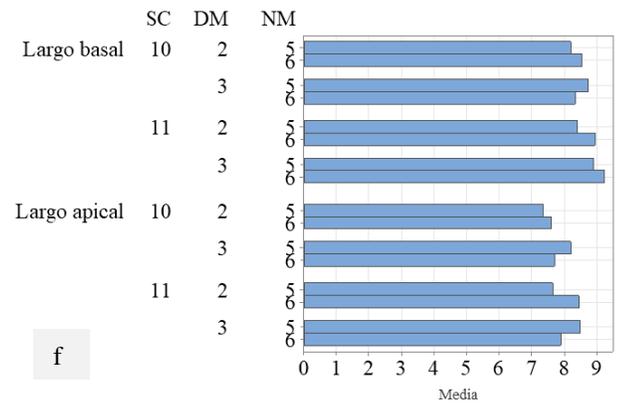
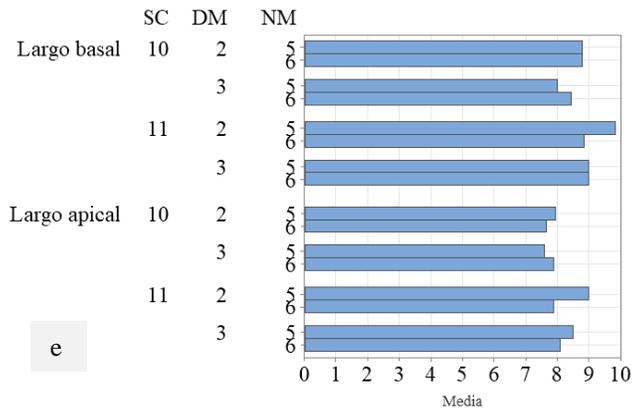
Fuente	Gl	Lotes								
		12	14	15	16	18	20	22	23	24
		Vp								
Modelo	7	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Lineal	3	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,709	0,000
Sem. Cosecha (SC)	1	0,156	0,090	1,000	0,209	0,000	0,000	0,043	0,788	0,022
Desmane (DM)	1	0,004	0,021	0,159	0,000	0,000	0,001	0,122	0,424	0,000
Manos (M)	1	0,000	0,021	0,000	0,000	0,023	0,013	0,004	0,424	0,010
Inter. de 2 términos	3	0,012	0,201	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,003
SC*DM	1	0,092	0,486	0,159	0,749	0,058	0,168	0,122	0,012	0,155
SC*M	1	0,772	0,044	0,342	0,209	0,000	0,006	0,043	0,000	0,629
DM*M	1	0,004	1,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,117	0,000
Inter. de 3 términos	1	0,564	0,299	0,159	0,008	0,023	0,095	0,122	0,002	0,000
SC*DM*M	1	0,564	0,299	0,159	0,008	0,023	0,095	0,122	0,002	0,000

Tabla 5*Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el largo apical*

Fuente	Gl	Lotes								
		12	14	15	16	18	20	22	23	24
		Vp								
Modelo	7	0,005	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Lineal	3	0,010	0,205	0,007	0,014	0,000	0,000	0,001	0,057	0,000
Sem. Cosecha (SC)	1	0,028	0,085	0,069	0,148	0,000	0,000	0,022	0,705	0,000
Desmane (DM)	1	0,010	0,800	0,022	0,020	0,159	0,004	0,788	0,013	0,000
Manos (M)	1	0,360	0,211	0,022	0,041	0,000	0,900	0,000	0,262	0,181
Inter. de 2 términos	3	0,012	0,002	0,089	0,101	0,000	0,000	0,033	0,000	0,003
SC*DM	1	0,645	0,030	0,069	0,080	0,475	0,113	0,422	0,000	0,004
SC*M	1	0,028	0,003	0,788	0,148	0,000	0,266	0,006	0,000	0,011
DM*M	1	0,010	0,085	0,069	0,256	0,000	0,000	0,422	0,013	0,368
Inter. de 3 términos	1	0,645	0,009	0,002	0,000	0,720	0,113	0,788	0,262	0,000
SC*DM*M	1	0,645	0,009	0,002	0,000	0,720	0,113	0,788	0,262	0,000

En la **Figura 19**, el largo basal y apical se muestra un promedio mayor para estas variables de respuesta en la interacción SC(11)*DM(3)*NM(6) en los lotes 12 y 15, en cambio, los lotes 14 y 16 obtuvieron un mayor aumento de longitud para ambas en la interacción SC(11)*DM(3)*NM(5).

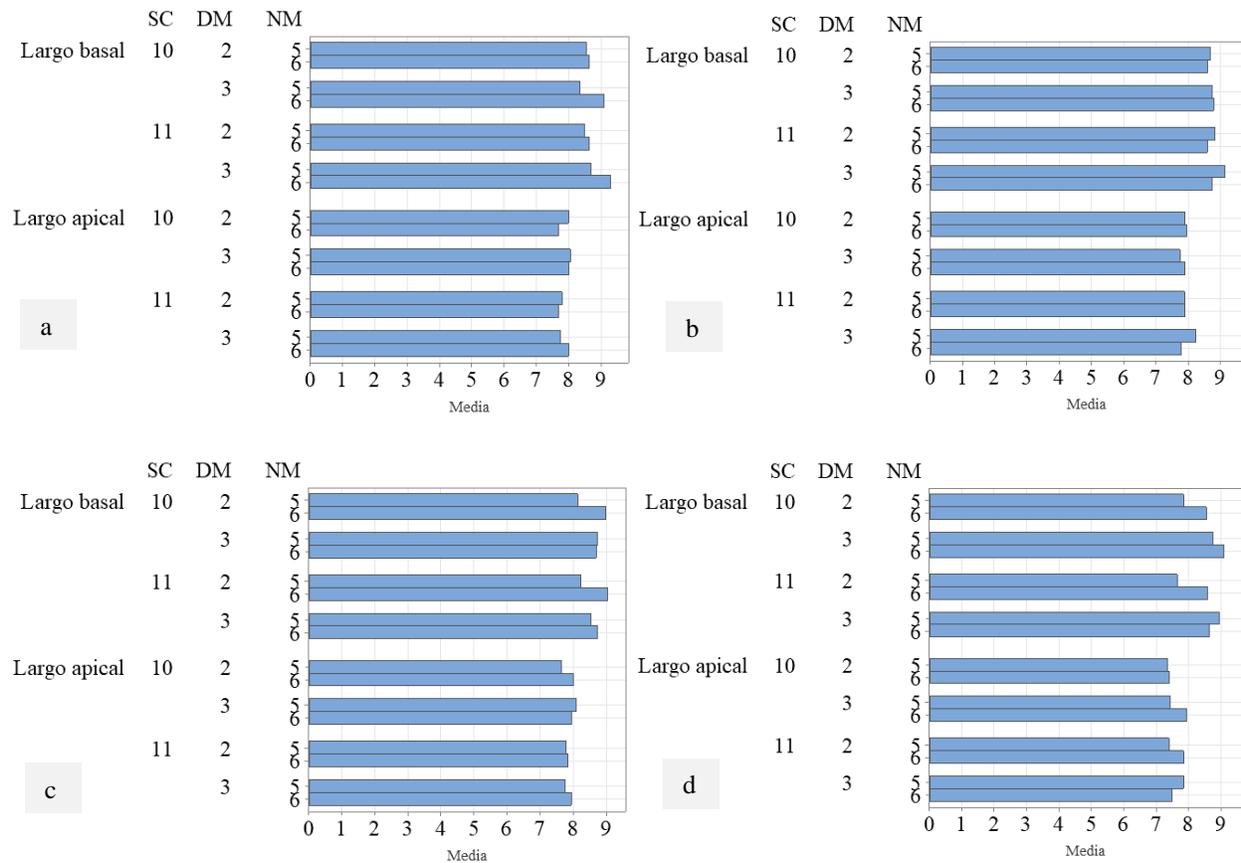
El lote 18, mostro una media mayor para las variables largo basal y largo apical en la interacción de SC(11)*DM(2)*NM(5), el mayor longitud para la mano basal en los lotes 20, 23 y 24 se mostraron en las interacciones SC(11)*DM(3)*NM(6), SC(11)*DM(2)*NM(6), SC(10)*DM(2)*NM(5) respectivamente, el promedio mayor del largo de la mano apical se obtuvo con la interacción SC(11)*DM(3)*NM(5), SC(10)*DM(3)*NM(6), SC(10)*DM(2)*NM(5) de los mismos lotes respectivamente. Por último, el lote 22 obtuvo un largo basal mayor en 6 manos, con desmane F+2 en ambos niveles del factor SC; el largo apical mayor se mostró en los distinto niveles de SC y DM con NM(6) (**Figura 20** Medias del largo basal y apical de los lotes 18, 20, 22, 23, 24 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM).



).

Figura 19

Medias del largo basal y apical de los lotes 12, 14, 15, 16 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.



Nota. a) Lote 12. b) Lote 14. c) Lote 15. d) Lote 16.

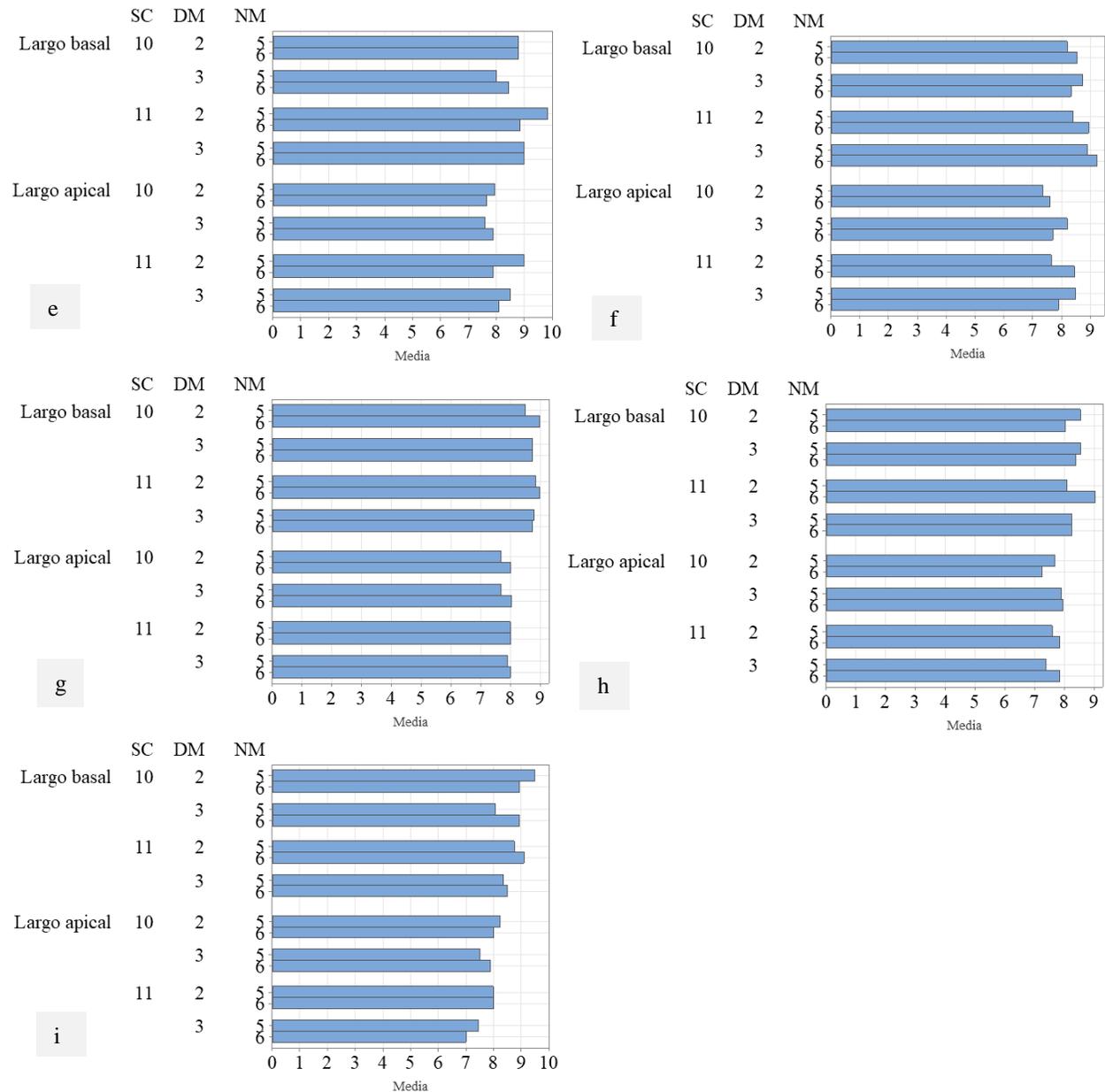
En general, se analizó que el largo basal es superior con respecto al apical, debido a factores externo y naturales como es la parte genética, factores climáticos, nutrientes del suelo, área foliar de la planta y el manejo de la fruta a lo largo de su desarrollo. Nuevamente se puede observar que los incrementos de este parámetro se muestran en su gran mayoría en la semana 11, se debe a que obtuvo más nutrientes y energía por el suelo y la luz solar durante esa semana con respecto a la semana 10 de cosecha, por lo que se logró un mayor llenado del fruto. así mismo, en la mayoría de los lotes, el desmane F+3 tuvo un mayor efecto en el incremento de longitud en el fruto con respecto al desmane F+2.

Los efectos del desmane frente al largo apical en los lotes, concuerda con (Parrales et al., 2016), manifestando diferencias significativas en la longitud de los dedos de las dos últimas manos del racimo, concluyendo que el desmane permite a los dedos tener más libertad para crecer y muestren mayor longitud a diferencia de cuando no se realiza esta labor.

Por otra parte, el número de manos tuvo un efecto significativo frente largo basal en la mayoría de lotes y en poco lotes frente al largo apical, los gráficos mostraron que en ciertos lotes, los racimos con 6 manos con sus respectivas interacciones alcanzaron un mayor largo basal frente a racimos de 5 manos, la mano apical mostro un efecto casi parejo con racimos de 5 y 6 manos, esto difiere en cierta parte con (Del Toro, 2023), que observo que hay una relación directamente proporcional entre la longitud y grado de la última mano (apical) y el número de manos, debido a que a medida que aumenta el número de manos en el racimo, decrece la longitud y grado de la mano apical.

Figura 20

Medias del largo basal y apical de los lotes 18, 20, 22, 23, 24 en relación con las interacciones de los factores SC, DM, NM.



Nota. e) Lote 18. f) Lote 20. g) Lote 22. h) Lote 23. i) Lote 24

6.2.3 *Peso racimo*

Al realizar el análisis de varianza para la variable peso de racimo (**Tabla 6**) se observa diferencias estadísticamente significativas para el factor semana de Cosecha en los lotes 15, 18 y 20, para el factor desmane no mostro efecto los lotes 14, 16, 18, 20, 22 y 23. El factor número de manos, muestra diferencias significativas en todos los lotes. ($P < 0,05$). En cuanto a las interacciones, la DM*M muestra diferencias significativas en los lotes 15, 18, 22 y 23, y los lotes 12, 22 23 y 24 muestras también diferencias significativas para la interacción SC*DM*M.

Tabla 6

Análisis de varianza del efecto de SC, DM y NM sobre el peso del racimo

Fuente	Gl	Lotes								
		12	14	15	16	18	20	22	23	24
Modelo	7	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Lineal	3	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sem. Cosecha (SC)	1	0,182	0,073	0,039	0,092	0,000	0,000	0,277	0,223	0,137
Desmane (DM)	1	0,246	0,038	0,566	0,012	0,000	0,000	0,002	0,000	0,368
Manos (M)	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Inter. de 2 términos	3	0,000	0,896	0,004	0,302	0,001	0,000	0,004	0,004	0,172
SC*DM	1	0,000	0,930	0,084	0,822	0,022	0,029	0,042	0,955	0,220
SC*M	1	0,162	0,467	0,453	0,117	0,900	0,000	0,071	0,018	0,565
DM*M	1	0,115	0,836	0,001	0,290	0,000	0,169	0,006	0,003	0,073
Inter. de 3 términos	1	0,028	0,982	0,707	0,364	0,328	0,308	0,003	0,041	0,000
SC*DM*M	1	0,028	0,982	0,707	0,364	0,328	0,308	0,003	0,041	0,000

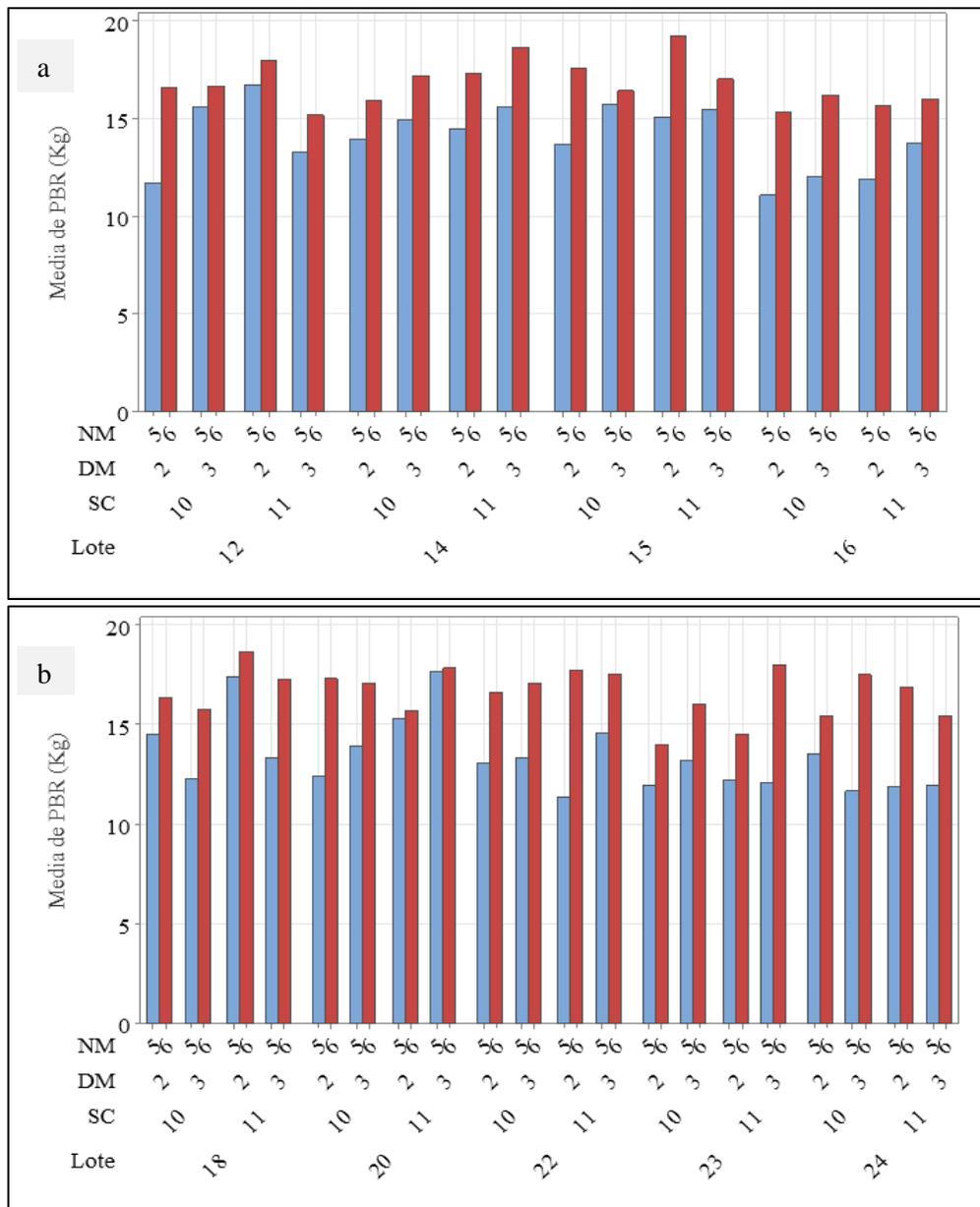
En la **Figura 21**, el lote 12, 15, 18 y 22 tienen un mayor peso de racimo con la interacción de los factores SC(11)*DM(2)*NM(6), en cambio, en los lotes 14, 20 y 23 mostro un mayor peso de racimo con las interacciones SC(11)*DM(3)*NM(6). Por último, los lotes 16 y 24 alcanzaron un promedio mayor del peso de racimo en la interacción SC(10)*DM(3)*NM(6) respectivamente.

En general, se analizó que los mayores valores de pesos de racimo se obtuvieron con 6 manos del racimo con respecto a los racimos de 5 manos y con aquellos que tienen un mayor nivel de desmane (F+3). Tal como bien sostiene Soto y Calvo, 1987 citado por (Barrera Violeth et al., 2010) quienes afirman que la práctica de la poda de manos en banano puede incrementar el peso

del racimo en 1,5 a 2,7 Kg por racimo. Desde una perspectiva diferente, se sostiene que el peso del racimo de banano disminuyo conforme al aumento la intensidad de desmane (Calvo, 2010). Así mismo, (Delgado et al., 2003) señalo que el peso del racimo y el número de frutos por racimo fueron afectados negativamente por el aumento del desmane, dando los mayores pesos en racimos que no se le realizo poda de manos.

Figura 21

Medias del peso de racimo en relación con los factores SC, DM, NM.



Nota. a) Lotes 12, 14, 15 y 16 b) Lotes 18, 20, 22, 23 y 24

6.3 Aleatoriedad, homocedasticidad e independencia de los lotes

El peso de racimo de banano es un indicador relevante dentro de la industria bananera, debido a su ayuda en la evaluación y seguimiento de la producción dentro de un cultivo, además, influye directamente con la calidad y competitividad del banano en los distintos mercados de exportación. El peso del racimo abarca los parámetros de producción usados en cultivo tales como la longitud, grosor de la segunda, última mano del racimo, número de manos y número de dedos, es decir, el peso de racimo es influenciado por la longitud y diámetro de los frutos. Para (Burgos & Gaitán, 2021), el peso del racimo es uno de los indicadores de rendimiento más relevantes momento de la cosecha, además, de que es importante tener otros indicadores que contribuyen desde la etapa de cosecha si se quiere cumplir con los estándares para los diferentes cultivos, especialmente en banano a la ampliación del número y calidad de manos y dedos, con la constancia de aplicar los recursos nutritivos esenciales del suelo. Por último, este parámetro refleja las condiciones del cultivo, el manejo de labores agronómicas y la vitalidad de la plantación de banano en una finca.

En la **Tabla 7**, se puede observar que hay homocedasticidad ($P > 0,05$) de la variable respuesta (Peso de racimo) en relación con los factores semana de cosecha, desmane y número de manos en los distintos lotes evaluados, debido a que ninguna de las diferencias entre los grupos o interacciones son estadísticamente significativas, en otras palabras, las varianzas no difieren estadísticamente entre las interacciones arrojadas por los factores SC, DM y NM en relación con el peso del racimo de banano de los lotes estudiados.

Tabla 7

Prueba de homocedasticidad para el peso de racimo en relación con SC, DM y NM

Lotes	Valor P
12	0,225
14	0,406
15	0,798
16	0,311
18	0,436
20	0,129
22	0,997
23	0,195
24	0,203

En la **Tabla 8**, se analizó que no hay una relación significativa ($P > 0,05$) al interior de cada grupo estadístico, entre las interacciones de las variables SC-DM (A), DM-NM (B) y SC-NM (C) con relación al peso de los racimos de 5 y 6 manos, peso de los racimos de 10 y 11 semanas y peso de racimos con desmane F+2 y F+3, respectivamente, en los lotes evaluados. Esto indica que las variables son independientes entre sí en lo que respecta al peso de los racimos de banano.

Tabla 8

Prueba de independencia para la relación entre peso de racimo y los factores SC, DM y NM

A			B			C		
	Peso con 5 manos	Peso con 6 manos		Peso con 10 semanas	Peso con 11 semanas		Peso con desmane 2	Peso con desmane 3
lote	Valor P	Valor P	lote	Valor P	Valor P	lote	Valor P	Valor P
12	0,341	0,802	12	0,559	0,873	12	0,549	0,880
14	1,000	0,994	14	0,987	0,981	14	0,906	0,909
15	0,782	0,916	15	0,599	0,720	15	0,950	0,903
16	0,990	1,000	16	0,967	0,977	16	0,875	0,881
18	0,832	0,988	18	0,866	0,673	18	0,878	0,933
20	0,933	0,800	20	0,879	1,000	20	0,506	0,594
22	0,668	0,901	22	0,908	0,648	22	0,672	0,886
23	0,773	0,818	23	0,951	0,643	23	0,877	0,708
24	0,664	0,707	24	0,589	0,783	24	0,671	0,698

Nota: Niveles de SC-DM (A), DM-NM (B) y SC-NM (C)

6.4 Diseño de modelo de red neuronal artificial

La arquitectura de la red neuronal utilizada para la predicción de dimensiones del racimo y peso del racimo de banano fue utilizando 10 y 15 neuronas en la capa oculta, se desarrolló mediante uso del algoritmo de retropropagación de Levenberg-Marquardt, dicha red neuronal cuenta con dos capas tales como capa de oculta y capa de salida. Estas capas fueron aplicadas al modelo 1, 2 y 3, teniendo en cuenta sus diferentes variables de salidas. De acuerdo con (Erzin et al., 2008) señala que una o dos capas ocultas resultan altamente beneficiosas en la mayoría de situaciones y para la mayoría de los problemas.

Se evaluaron dos arquitecturas de red para los tres modelos propuesto de red neuronal artificial, es decir, constan con 10 y 15 neuronas en la capa oculta, se entrenaron en varias sesiones hasta obtener un menor error cuadrático medio (MSE) y un R de regresión cercano a 1, implementando el 70% de datos para entrenamiento, 20% para validación y 10% para prueba, estos porcentajes son ideales para que la red tenga un mejor rendimiento, (MathWorks, s. f.-a) sugiere que extender el conjunto de datos de entrenamientos para mejorar el rendimiento de la red neuronal. En la **Tabla 9**, se pueden detallar los valores obtenido de MSE y R de cada modelo con el número de neuronas utilizadas en la capa oculta.

Tabla 9

Arquitectura de la red y parámetros de evaluación de los modelos de RNA.

Neuronas	Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3			
	10		15		10		15		10		15	
Datos	MSE	R	MSE	R	MSE	R	MSE	R	MSE	R	MSE	R
Entrenamiento	1,937	0,913	1,628	0,927	2,290	0,911	2,208	0,915	4,425	0,689	4,050	0,715
Validación	2,056	0,906	1,849	0,920	2,343	0,914	2,350	0,907	4,968	0,632	4,518	0,693
Prueba	1,718	0,924	1,836	0,914	2,535	0,904	2,465	0,916	3,305	0,746	4,293	0,670
Total	0,913		0,924		0,911		0,913		0,684		0,706	

Nota. MSE: error cuadrático medio; R: R de regresión

En la **Tabla 9**, se observa que los modelos 1, 2 y 3, que tienen menores valores cercanos a cero de MSE y valores cercanos a 1 de R de regresión los modelos con arquitectura de 15 neuronas en la capa oculta. (Soares et al., 2013) sugiere que cuanto menor sea el error de predicción medio y mayor sea el coeficiente de determinación mejor será la precisión en la predicción de los datos en la red neuronal. Se seleccionó el modelo con mayor precisión y un menor error. El modelo con mayor precisión en general es el 1 con 15 neuronas en la capa oculta, arquitectura de la red neuronal 4-(15)-5 (**Figura 22**) mostrando un R de entrenamiento de la red de 0,927, validación y prueba de 0,920 y 0,914 respectivamente, y un R total de 0,924 (**Figura 23**), mostrando un mejor ajuste del modelo y un MSE para entrenamiento de 1,628, validación de 1,849 y prueba de 1,836; indicando la mayor proximidad de los datos predichos entre los valores reales. Este modelo muestra buen rendimiento, las dimensiones (largo y grado de la mano basal y apical) y peso del racimo se pueden

estimar mediante las labores de campo (desmane y numero de manos) y la semana de cosecha de racimo. La validez de estos resultados está respaldada por (Ogunsua et al., 2019), quienes seleccionaron los modelos con arquitectura de 8, 12, 16 y 18 neuronas la capa oculta y con error de predicción medio (MPE) más bajos de 0,412; 0,450; 0,581 y 0,811, y un coeficiente de determinación de 0,86; 0,88; 0,96 y 0,76, respectivamente, para la predicción de daños a frutos y peso en banano Cavendish. Otros autores relevante (Soares et al., 2013) también respalda estos mismos resultado, seleccionando el modelo con error de predicción medio (MPE) relativamente bajo frente a otros modelo (1,40) y un coeficiente de determinación (0,91), el cual fue con arquitectura de RNA de 10-10-1, para la predicción de peso de banano Cavendish. Este modelo seleccionado muestra buen rendimiento, las dimensiones (largo y grado de la mano basal y apical) y peso del racimo se pueden estimar mediante las labores de campo (desmane y numero de manos) y la semana de cosecha de racimo.

Figura 22.

Red Neuronal Artificial del modelo 1 de 15 neuronas en la capa oculta.

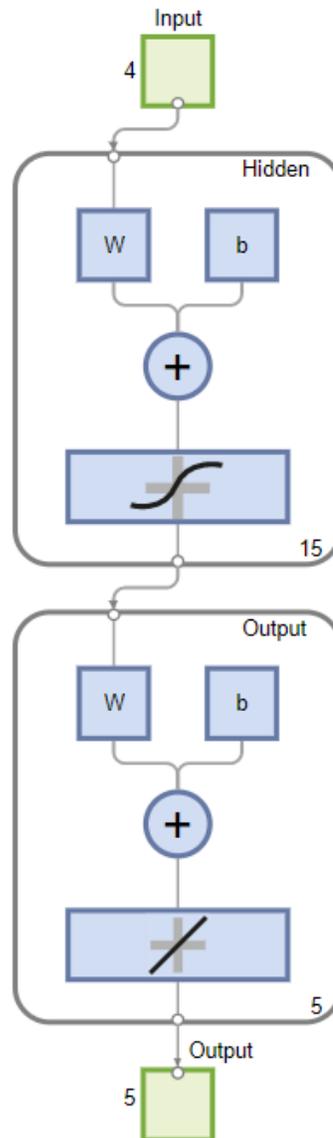
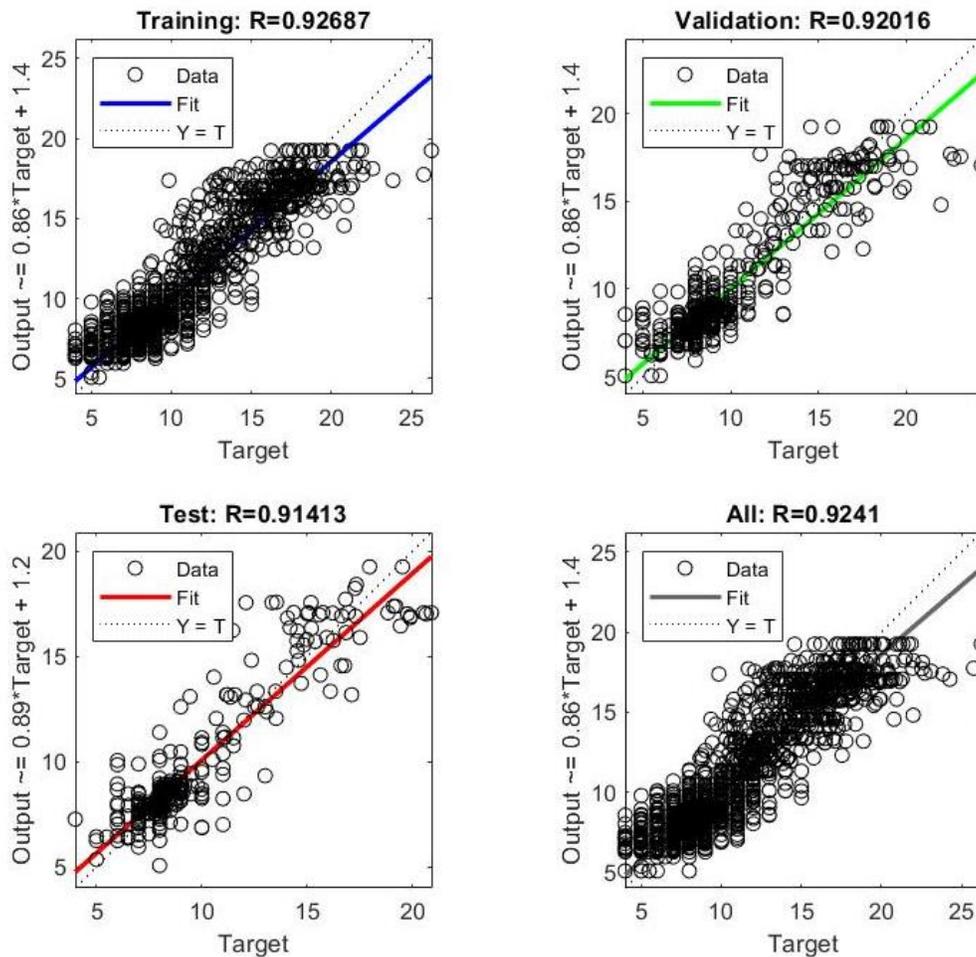


Figura 23

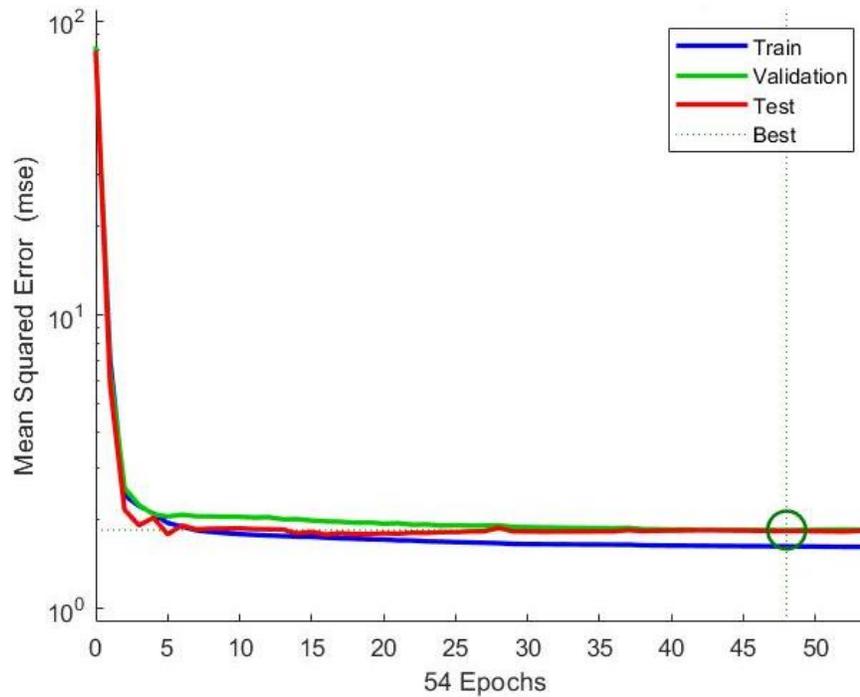
R de regresión en los distintos conjuntos del modelo 1 de 15 neuronas.



En la **Figura 24**, se puede observar el desempeño de la red neuronal durante el entrenamiento del modelo anterior, el cual duro 54 épocas, el error se redujo a medida que aumentaba las épocas de entrenamiento. El mejor rendimiento de validación es 1,8491 en la época 48, además, presento características similares junto con el conjunto de prueba. Alves et al., (2018) utilizaron las redes neuronales artificiales para la estimación del rendimiento de soya, uno de sus modelos, el de 19 neuronas en la capa oculta obtuvo un $R^2=0,999$ después de 806 repeticiones, y su arquitectura finalizo en la época 48, indicando la memorización, aprendizaje y mejor ajuste de datos.

Figura 24

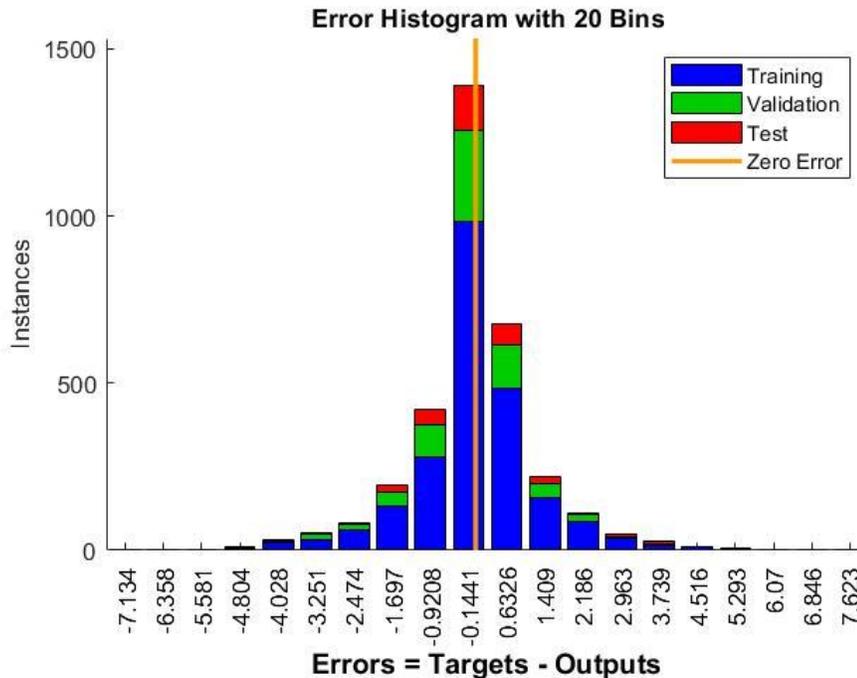
Progreso del error del conjunto de entrenamiento, validación y prueba



El error total del modelo oscila entre -7,134 y 7,623 dividido en 20 contenedores, la mayoría de error del conjunto de entrenamiento, validación y prueba se encuentran en -1,441, también en 0,9208 y 0,6326. (**Figura 25**)

Figura 25

Histograma del error en los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba



Cabe destacar que las arquitecturas (4-10-5 y 4-15-5) del modelo 2 mostrando buenos ajustes del modelo ($R=0,911$ y $R=0,913$ respectivamente) aunque mostraron un MSE en todos los conjuntos mayor a 2,2; a pesar de esto, se sugiere que estas arquitecturas pueden ser útiles para la predicción del grado y largo de la mano basal y el peso del racimo mediante los algoritmos del **Anexo 8** y **Anexo 9** respectivamente. En cuanto al modelo 3, en ambas arquitecturas (4-10-1 y 4-15-1) mostraron poca precisión y bajo ajuste del modelo debido a valores de MSE mayores de 3,3 y un bajo R de regresión total (0,684 y 0,709 respectivamente) frente a los otros modelos, aunque teniendo en cuenta los criterios de estos parámetros de evaluación para que el modelo sea ideal ($MSE \approx 0$, $R \approx 1$), no lo cumple, ambas arquitecturas de dicho modelo pueden predecir el peso del racimo a través de los algoritmos proporcionados por la red neural en el **Anexo 10** y **Anexo 11** respectivamente, (Wairegi et al., 2009) realizó un modelo de alta precisión para estimar el peso del racimo, dicho peso se relacionó significativa ($P < 0,001$) y positivamente ($R^2 = 0,73$) con la transformación logarítmica del volumen del pseudotallo y el número de manos y dedos del racimo

de banano. Para ambos modelos (2 y 3) destaco más las arquitecturas con 15 neuronas en la capa oculta, considerando los valores obtenidos de R y MSE.

6.5 Algoritmo de predicción

Al final de los entrenamientos de los modelos estudiados, el modelo 1 seleccionado con arquitectura (4-15-5) arrojó un algoritmo de predicción de las dimensiones y peso del banano mediante la semana de cosecha (SC) y la labor de desmane (DM) y número de manos (NM). (ver **Anexo 6**). Aunque es importante destacar que el algoritmo del mismo modelo con arquitectura (4-10-5) (**Anexo 7**) podría proporcionar una buena predicción debido a que obtuvo un MSE en los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba de 1,937; 2,056 y 1,718 respectivamente y un R total de 0,913, valores casi aproximados a los de la arquitectura seleccionada.

El algoritmo seleccionado, se utilizó para calcular el porcentaje de error que tenía los valores de salida predichos con los reales, de las combinaciones de los factores de SC, DM y NM (**Tabla I**) aplicado para cada lote.

En el **Anexo 12**, los porcentajes de error de valores predichos las variables grado basal, largo basal, grado apical, largo apical y peso de racimo son pequeños en su gran mayoría, en todos los lotes; la mayor parte de % de error oscilaron entre 0,02% y 8% para cada variable de los lotes evaluados, y otra pequeña cantidad mayores a 8% en las distintas variables medidas. Mostrando la eficiencia del modelo para la predicción de estas variables a partir de SC, DM y NM, el cual obtuvo un R de regresión total de 0,924 y MSE de entrenamiento, validación y prueba de 1,628; 1,849 y 1,836 respectivamente.

Las investigaciones que se han visto con respecto al banano, muchos de ellos utilizaron las redes neuronales artificiales y modelos de regresión lineal para la predicción del rendimiento del cultivo, predicción de peso, área foliar, predicción de cosecha entre otros, pero no la predicción de proporciones y peso de los racimos mediante labores culturales de campo (Desmane y numero de mano) y semana de cosecha del fruto, por el contrario, se observa, la utilización de dichas medidas del racimo, además de características física de la planta de banano, variables climáticas para la

predicción de rendimiento del cultivo, peso del racimo entre otros. De hecho, (Soares et al., 2013) para la predicción del peso de racimo mediante RNA, utilizaron como variables de entrada peso de raquis, longitud y diámetro del tallo, peso del segundero, numero de manos por grupo, numero de frutos por racimo, longitud del fruto, diámetro del fruto, numero de hojas vivas cuando se cosecha, peso del primer racimo, obteniendo un MPE (1,40) y R^2 (0,91). (Guimarães et al., 2021) en su estudio de predecir el rendimiento de las plantas de banano “Prata Aña” y “BRS platina” utilizaron datos de rasgo vegetativos y productivos para la predicción, se encontraron para banano “Prata Aña” y “BRS platina” coeficientes de determinación de 0,99 y (0,97 y 1,0 aproximadamente) respectivamente. Por otra parte, (de Souza et al., 2019) desarrollo un modelo mediante RNA para la predicción de la cosecha de banano, mostrando la relación de las variables climáticas (humedad relativa, fotoperiodo temperatura máxima y mínima, temperatura promedio y precipitación y en la gestación del racimo del banano con la finalidad de predecir el tiempo de cosecha, este modelo tuvo buenos resultados, error de 0,3 % y R^2 de 0.89, convirtiéndolo en una herramienta para que los productores puedan pronosticar la demanda.

Sin embargo, se encontró similitud en cuanto a los parámetros de entrada de este modelo (SC, DM y NM), tal como es el estudio de (Muñoz, 2022), el cual utilizo las variables edad del racimo, deschive F/2 (desmane), deschante, selección, fertilización, riego, herbicidas, fumigación para predecir los pesos de los racimos mediante técnicas de Machine Learning, el mejor algoritmo predictivo fue el de Xgboost obteniendo un error absoluto medio (MAE) de 13,1. En este mismo estudio las variables número de manos y número de lote entre otras variables, fueron descartadas mediante la matriz de correlación.

Los estudios de los autores mencionados anteriormente demuestran que, para construir modelos matemáticos, no solo se debe incluir variables relacionadas con el fruto, si no también incluir condiciones de las plantas, variables del suelo, variables climáticas y los cultivos como variables predictoras tal como indica (Jayasinghe et al., 2022).

7 Conclusiones

Los factores semana de cosecha, desmane y numero de manos mostraron un efecto en las dimensiones del fruto (longitud y grado de la mano basal y apical) y el peso de racimo en distintos lotes, su variabilidad de efectos cambio por lote, el desmane F+3 con 6 manos en el racimo de banano mostro tener mayor incremento en el llenado del fruto. Además, los lotes cumplieron con los supuestos estadísticos de aleatoriedad, homocedasticidad e independencia con respecto a los factores mencionados. Estos factores demostraron ser eficientes, mostrando un mejor ajuste del modelo para la predicción del potencial productivo de la finca.

La predicción del potencial productivo de la finca (relacionado con las dimensiones y peso del fruto) se obtienen con eficiencia por medio las redes neuronales artificiales, obteniendo un MSE de entrenamiento, validación y prueba de 1,628; 1,849 y 1,836 respetivamente y un R de regresión total de 0,924, convirtiéndose en una modelo eficiente dentro del ámbito del banano para que los productores o comercializadora de banano puedan ver potencial productivo de sus finca y tomen medidas para su mejoría.

Los modelos 2 y 3 con 15 neuronas pueden ser útiles para la predicción debido a que presentaron un R total alto de 0,913 y 0,709 respectivamente, mediante este estudio y autores referenciados anteriormente, estos valores son aceptables para predicción, dando buena precisión de los valores predichos con los reales.

El algoritmo de la predicción del modelo, arrojó los valores predichos. Los porcentajes de errores de predicción de las variables de dimensiones y peso del racimo en los distintos lotes fueron en su gran mayoría pequeños, dichos %errores oscilaron entre 0,02% y 8%, y otra pequeña cantidad mayores a 8% en las distintas variables medidas.

8 Recomendaciones

Para futuros trabajos, dicho por varios autores, se recomienda tener en cuenta las condiciones de la planta, el suelo, variables climáticas y labores de agrícola realizadas en el cultivo estudiado, como predictores para mejorar y construir modelos predictivos más precisos.

8 Referencias

- Abreu Olivo, E. A., Gutiérrez, A., Quintero, M. L., Molina, L. E., Anido, J. D., Ablan, E., Cartay, R., & Mercado, C. E. (2007). *El cultivo del plátano en Venezuela. Desde el campo hasta la mesa*. Caracas: Fundación Empresas Polar.
- Acevedo, E., Serna, A., & Serna M., E. (2017). Principios y características de las redes neuronales artificiales. En E. Serna M. (Ed.), *Desarrollo e Innovación en Ingeniería* (2.^a ed., pp. 173-182). Instituto Antioqueño de Investigación.
- Agrícola Sara Palma. (2023a). *Control de calidad en patios de fruta Perfil Racimo y Análisis de desperdicios*.
- Agrícola Sara Palma. (2023b). *Labores de protección de fruta (Embolse, amarre, protección y protector de fruta)*.
- Alves, G. R., Teixeira, I. R., Melo, F. R., Souza, R. T. G., & Silva, A. G. (2018). Estimating soybean yields with artificial neural networks. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40, e35250. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35250>
- Ardila, J., & Suárez Mantilla, L. (2019). *CLASIFICACIÓN DE REGISTROS FONOCARDIOGRÁFICOS USANDO DESCOMPOSICIÓN EMPÍRICA EN MODOS Y REDES DE GRAN MEMORIA DE CORTO PLAZO*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24258.61125>
- Ayuque Briceño, L. V., & Inga Lobo, J. R. (2019). Aplicación de bioregulador en la propagación vegetativa en variedades de banano (*Musa paradisiaca* L.) en cámara térmica – Distrito de San Ramón—Chanchamayo. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1738>

-
- Barrera Violeth, J. L., Salazar, C., & Arrieta, K. (2010). Efecto del desmane y remoción de dedos sobre la calidad y producción del banano. *Temas Agrarios*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i2.1193>
- Basurto Rendón, M. D., & Párraga Franco, W. P. (2008). *Efecto de las prácticas precosecha (desmane y utilización de protectores) sobre los rendimientos del cultivo de banano (Musa acuminata S) provincia de Los Ríos*. [B.S. thesis, Calceta: ESPAM]. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/566>
- Burgos Bencomo, O. B. B., & Gaitán Suazo, V. (2021). Producción agrícola alternativa en empresas bananeras de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), Article S1. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/404>
- Calvo, A. V. (2010). Efecto del desmane y de la modalidad de cosecha sobre las características y producción de racimos de plátano tipo Francés FHIA-21. *TROPICULTURA*, 28(1), 16-23. <http://www.tropicultura.org/text/v28n1/16.pdf>
- Cedeño Mieles, L. E. (2013). *Tipos de deschive en el racimo de plátano (Musa spp) variedad barraganete en la zona de Buena Fe* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2752>
- Cerezo Magallanes, F. E. (2012). *Comportamiento fisiológico del racimo de banano(musa AAA) mediante la ropa de mano falsa más dos y más tres* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2519>
- de Souza, A. V., Bonini Neto, A., Cabrera Piazzentin, J., Dainese Junior, B. J., Perin Gomes, E., dos Santos Batista Bonini, C., & Ferrari Putti, F. (2019). Artificial neural network modelling in

- the prediction of bananas' harvest. *Scientia Horticulturae*, 257, 108724.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108724>
- Del Toro Rivera, D. A. D. (2023). *Evaluación de labores de protección de fruta y seguimiento al desmane $f+1$ y $f+2$, en cultivo de banano (musa aaa simmonds) en Carepa, Antioquia*.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/e2b88cc0-a7fc-482a-981f-0a2dc332a976>
- Delgado, E., González, O., Moreno, N., & Romero, D. (2003). Efecto del desmane sobre el peso del racimo y las dimensiones del fruto del híbrido de plátano fhia 21 (musa aaab). *Bioagro*, 15(1), 17-22. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-33612003000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Erzin, Y., Rao, B. H., & Singh, D. N. (2008). Artificial neural network models for predicting soil thermal resistivity. *International Journal of Thermal Sciences*, 47(10), 1347-1358.
<https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2007.11.001>
- Finagro. (2018). *Ficha de inteligencia Banano tipo exportación*.
https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_banano_version_ii.pdf
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiazú, I., & Azevedo, A. M. (2021). Yield prediction of 'Prata Anã' and 'BRS Platina' banana plants by artificial neural networks¹. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 51, e66008. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5166008>
- Hagan, M. T., Demuth, H. B., Beale, M. H., & Jesús, O. D. (2014). *Neural Network Design* (2nd ed.). Martin Hagan.
- Irizarry, H., Hernández, E., & Rodríguez, J. A. (1994). Yield of five dwarf banana cultivars grown with minimum tillage in Puerto Rico's mountain region. *The Journal of Agriculture of the*

- University of Puerto Rico*, 78(1-2), Article 1-2. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v78i1-2.4247>
- Irizarry, H., Rivera, E., Caloni, I. B. de, & Guadalupe, R. (1989). Performance of elite banana (*Musa acuminata*, AAA) cultivars in four locations of Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 73(3), Article 3. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v73i3.6459>
- Irizarry, H., Rivera, E., & Rodríguez, J. A. (1992). Bunch and ratoon management for profitable production of high quality bananas (*Musa acuminata*, AAA). *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 76(3-4), Article 3-4. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v76i3-4.4152>
- Jaramillo Celis, R. (1982). *Las principales características morfológicas del fruto de banano, variedad «Cavendish Gigante» (Musa AAA) en Costa Rica*. UPEB. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=7488>
- Jayasinghe, S. L., Ranawana, C. J. K., Liyanage, I. C., & Kaliyadasa, P. E. (2022). Growth and yield estimation of banana through mathematical modelling: A systematic review. *The Journal of Agricultural Science*, 160(3-4), 152-167. <https://doi.org/10.1017/S0021859622000259>
- Jimenez Contreras, J. J. (2006). *Determinación y aplicación de métodos estadísticos, para medir estabilidad genética en vegetales, caso: Banano* [bachelorThesis, Espol]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/35061>
- Johns, G. G. (1996). Effects of bunch trimming and double bunch covering on yield of bananas during winter in New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 36(2), 229-235. <https://doi.org/10.1071/ea9960229>

- Larranaga, P., Inza, I., & Moujahid, A. (1997). Tema 8. Redes neuronales. *Redes Neuronales, U. del P. Vasco*, 12, 17. https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Larranaga/publication/268291232_Tema_8_Redес_Neuronales/links/55b7b5c408ae9289a08c0c68/Tema-8-Redes-Neuronales.pdf
- Larrotta, L. M., & Flórez, J. (2021). La Fiesta del Banano en el Urabá colombiano: Cultura y tradición. *RIVAR (Santiago)*, 8(23), 171-182. <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i23.4953>
- Lasarte Zapata, E. (2017). *Entrenamiento de una red neuronal hardware desde Matlab (Hardware In The Loop)* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/45516/>
- Londoño-Puerta, D., Feria - Gómez, D., & Henao, S. (2023). *SELECCIÓN OPORTUNA Y DESMACHE Conceptos y recomendaciones*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18040.21767>
- MathWorks. (s. f.-a). *Ajustar datos con la app Neural Net Fitting*. Recuperado 29 de noviembre de 2023, de https://la.mathworks.com/help/deeplearning/ug/fit-data-using-neural-net-fitting-app.html?s_tid=srchtitle_site_search_2_neural%2520net%2520fitting
- MathWorks. (s. f.-b). *¿Qué es una red neuronal?* Recuperado 25 de noviembre de 2023, de <https://la.mathworks.com/discovery/neural-network.html>
- Meyer, J.-P. (1975). Influence de l'ablation de mains sur le rendement en poids des régimes de bananes par catégories de conditionnement aux Antilles. *Fruits*, 30(11), Article 11. <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/34112>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, B. (Colombia), & Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, B. (Colombia). (2002). *Manejo del plátano*

- orientado a la exportación*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MINAGRICULTURA. <http://localhost:8080/handle/11348/5257>
- Mora, M. (2000). *Efecto de las prácticas de desmane y desde sobre la producción y la calidad del fruto de banano (Musa AAA, cv. Gran Enano)* [PhD Thesis]. Tesis Lic. Ing. Agr., Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Muñoz Torres, P. S. (2022). Diseño de un Modelo Predictivo basado en Algoritmos de Machine Learning para la estimación del Peso de Racimos de Banano, caso de Estudio Hacienda Bananera en Ecuador [masterThesis, Universidad Estatal de Milagros (UNEMI)]. En *Repositorio de la Universidad Estatal de Milagro*. <http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6951>
- Murieta Medina, E., & Palma Moscoso, H. (2018). *Manual de Buenas Prácticas de Cosecha y Poscosecha de plátano y Banano*. https://issuu.com/comunicacionesalianzacacaoperu/docs/manual_poscosecha_banano
- Ogunsua, J., Saengrayap, R., Ullah, H., & Chaiwong, S. (2019). Application of artificial neural networks in the prediction of fruit damages and hand weight in Cavendish banana. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 5, 140-145. <http://rs.mfu.ac.th/ojs/index.php/jfat/article/viewFile/247/170>
- Parrales, Y., Betancourt, R., Barbotó, V., Camposano, C., & Mayorga Arias, D. (2016). Produccion En Banano Cavendish Con Desmane Falsa Mas Dos Y Falsa Mas Tres. *European Scientific Journal, ESJ*, 12, 267. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n24p267>
- Proyecto BID-ADEX. (2009). *Banano: Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EE.UU.* <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Bananas%20Cavendish%20Valery.pdf>

- Quintero, S. J. A., & Aristizábal, L. M. (2003). Efecto del desmane sobre las características productivas de Dominico Hartón y África en Colombia. *Rev Int Bananos y Plátanos INFOMUSA*, 12(1), 44-46.
<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/105214/971.pdf?sequence=3#page=46>
- Robinson, J. C., & Galan, V. (2012). *Plátanos y bananas* (1.^a ed.). Mundi-Prensa.
<https://books.google.com.ec/books?id=mAv3EQAcgZ8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Rodríguez, J. A., Irizarry, H., & Rivera, E. (1988). Efecto de la poda de manos en el rendimiento y calidad de las frutas del plátano (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*, AAB). *ACORBAT. Memorias VIII reunión* (R. Jaramillo, A. Restrepo, R Bayona, eds). AUGURA, Medellín, Colombia, 537-541.
- Ruiz Marroquin, L. M. R. (2014). *Efecto de dos métodos de manejo del racimo de plátano (musa paradisiaca l.) variedad gran enano, sobre el rendimiento y calidad del fruto; tiquisate, escuintla* [Tesis Doctoral, Universidad Rafael Landívar].
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Ruiz-Ludim.pdf>
- Sioma. (s. f.). *Tecnología Agrícola para Aumentar la Productividad y Mejorar la Calidad de Vida*. Aumenta la productividad de tus cultivos tropicales. Recuperado 25 de noviembre de 2023, de <https://www.sioma.store/quienes-somos>
- Soares, J. D. R., Pasqual, M., Lacerda, W. S., Silva, S. O., & Donato, S. L. R. (2013). Utilization of artificial neural networks in the prediction of the bunches' weight in banana plants. *Scientia Horticulturae*, 155, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.026>
- Soto, M. (1985). *Bananos: Cultivo y comercialización*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

- Uniban. (2022, noviembre 18). *Unidad de Producción Agrícola—UPA | Uniban*.
<https://www.uniban.com/unidad-de-produccion-agricola-upa/>
- Vargas Calvo, A. (2001). Efecto de la intensidad de desmane sobre el peso del racimo y las dimensiones del fruto de banano (Musa AAA, cvs. «Gran Enano» y 'Valery') en dos épocas del año [Effect of dehanding intensity on bunch weight and fruit dimensions on banana (Musa AAA cvs. «Grand Naine» and 'Valery') in two seasons of the year]. *Revista CORBANA*, 27(54), 13-34. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=8315>
- Vargas Calvo, A. (2014). Efecto del desmane intensivo sobre el desarrollo del racimo de banano. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 85-98.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-13212014000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Vargas Calvo, A., Sandoval, J. A., & Blanco, F. A. (1999). Efecto de la intensidad de desmane sobre las dimensiones del fruto y el peso del racimo de banano (Musa AAA, cv.'Valery')[Dehanding intensity effect in banana (Musa AAA, cv.'Valery') bunch weight and fruit dimensions]. *Revista CORBANA*, 24(52), 85-91.
<https://www.musalit.org/seeMore.php?id=6558>
- Vargas-Calvo, A. (2012). Grosor del fruto de la última y segunda mano como criterio de cosecha en banano. *Agronomía Mesoamericana*, 23, 41-46. <https://doi.org/10.15517/am.v23i1.2132>
- Vargas-Calvo, A., Sandoval, J., & Blanco, F. (1999). Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en plátano cv. «Falso Cuerno» (Musa AAB) enano y semigigante [Dehanding effect on bunch quality of «False Horn» plantains (Musa AAB) dwarf and semi-giant]. *Revista CORBANA*, 25(52), 129-142. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=6766>

Viñuela, P. I., & León Galván, I. M. (2004). *Redes de neuronas artificiales: Un enfoque práctico*.

Pearson Educación.

Wairegi, L. W. I., van Asten, P. J. A., Tenywa, M., & Bekunda, M. (2009). Quantifying bunch

weights of the East African Highland bananas (*Musa* spp. AAA-EA) using non-destructive

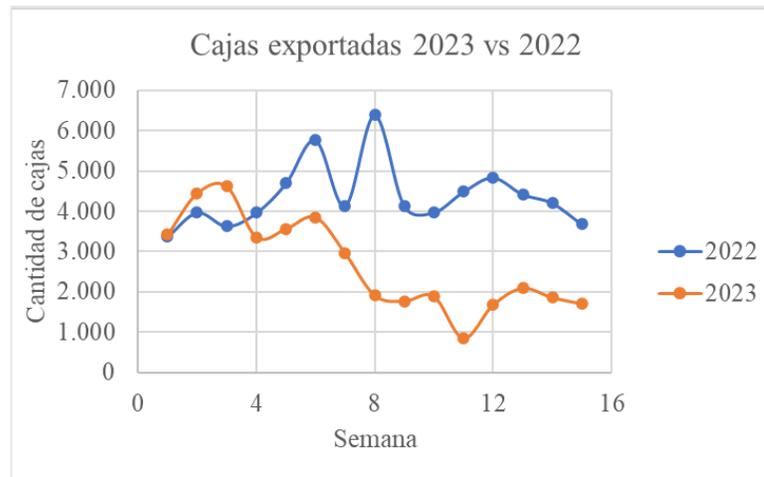
field observations. *Scientia Horticulturae*, *121*(1), 63-72.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.005>

9 Anexos

Anexo 1 Cantidad de cajas exportadas en las primeras 15 semanas del año 2022 y 2023.

Semana	2022	2023
1	3.374	3.420
2	3.974	4.445
3	3.633	4.613
4	3.964	3.352
5	4.694	3.561
6	5.771	3.852
7	4.130	2.959
8	6.394	1.915
9	4.130	1.770
10	3.976	1.891
11	4.484	849
12	4.839	1.671
13	4.428	2.091
14	4.211	1.860
15	3.687	1.707



Anexo 2 Cantidad de cajas nacionales en las primeras 15 semanas del año 2022 y 2023

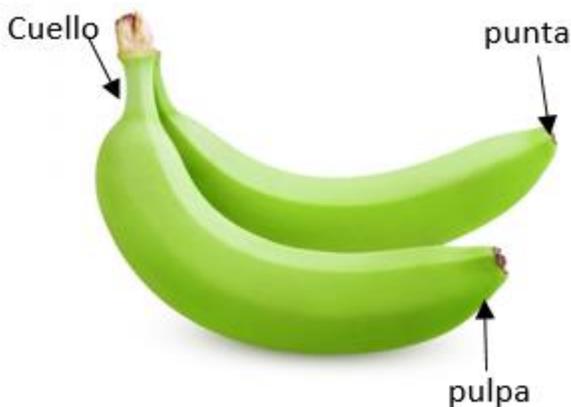
Semana	2022	2023
1	25	117
2	103	104
3	86	200
4	106	166
5	77	242
6	136	211
7	26	677
8	155	754
9	112	1214
10	55	1794
11	93	986
12	76	2118
13	107	1495
14	54	465
15	0	279



Anexo 3 Mercados internacionales de la finca jacaranda para exportar fruta, con sus respectivas especificaciones

Mercados	Largo a la pulpa (pulg)	Grado (Vitola, pulg)	Peso caja (kg)
A	8.2	8-16	18.68
B	8	8-16	19.5
C	8	8-16	18.5

Anexo 4 Puntos de medición del largo del banano a la punta y a la pulpa



Anexo 5 Base de datos utilizada en el informe final

Lote	Semana cosecha	Desmane	Manos	Grado basal	Largo basal	Grado apical	Largo apical	PBR (Kg)
12	11	3	6	11,00	9,00	7,00	8,00	19,33
12	11	3	6	10,00	9,20	7,00	8,70	19,31
12	10	3	5	6,00	9,00	5,00	7,50	10,76
12	11	3	5	7,00	9,00	6,00	8,00	13,04
12	11	3	6	10,00	9,00	9,00	8,00	15,66
12	10	3	6	7,00	9,00	6,00	8,00	14,81
12	11	3	5	12,00	8,50	10,00	7,50	13,83

12	10	3	6	8,00	8,00	6,00	7,20	14,04
12	11	3	6	8,00	8,00	6,00	7,20	24,27
12	11	3	5	10,00	8,90	9,00	8,00	12,76
12	11	3	6	8,00	9,10	7,00	7,90	14,03
12	11	3	6	10,00	9,00	9,00	8,00	13,49
12	11	3	6	10,00	9,50	9,00	8,10	16,37
12	11	3	6	11,00	9,30	7,00	8,10	18,87
12	10	2	5	8,00	8,50	7,00	7,50	12,74
12	11	2	6	10,00	9,00	7,00	8,00	20,39
12	10	2	5	5,00	8,00	4,00	7,50	8,85
12	10	2	5	8,00	8,50	7,00	7,50	10,45
12	11	3	5	6,00	8,00	7,00	7,00	8,79
12	11	3	6	8,00	8,50	6,00	8,00	16,20
12	10	2	5	8,00	8,50	8,00	8,00	10,48
12	10	3	5	11,00	9,70	8,00	8,60	17,18
12	10	3	5	5,00	8,00	4,00	7,00	10,26
12	10	2	6	8,00	9,30	6,00	7,80	17,62
12	10	3	6	7,00	9,20	6,00	8,00	18,52
12	10	3	6	9,00	9,00	5,00	7,90	16,47
12	10	3	6	9,00	9,00	6,00	7,50	16,47
12	10	3	6	8,00	9,10	6,00	8,10	17,00
12	10	2	6	7,00	8,00	5,00	7,60	15,57
12	11	2	6	9,00	8,30	6,00	7,40	15,60
12	11	2	6	9,00	8,20	6,00	7,80	16,76
12	10	3	6	7,00	8,50	7,00	8,00	17,87
12	10	2	5	9,00	8,80	7,00	8,10	12,82
12	10	3	5	9,00	8,60	7,00	8,30	14,45
12	11	2	6	10,00	8,50	6,00	7,90	16,51
12	10	3	5	8,00	8,60	7,00	8,00	12,33
12	10	3	5	8,00	8,50	8,00	8,20	15,96
12	10	3	5	8,00	8,10	8,00	7,80	16,79
12	11	3	5	9,00	8,20	8,00	7,80	12,02

12	11	2	6	8,00	8,40	6,00	8,10	18,03
12	10	2	5	7,00	8,60	7,00	8,00	12,96
12	10	2	5	8,00	8,10	6,00	7,80	10,36
12	10	2	5	9,00	8,30	9,00	7,80	12,55
12	11	2	6	8,00	8,60	7,00	7,90	16,16
12	11	2	5	8,00	8,50	7,00	8,00	19,52
12	11	2	5	11,00	8,50	10,00	7,60	14,01
12	10	2	5	8,00	8,30	6,00	7,50	11,26
12	11	3	5	12,00	8,50	9,00	7,50	17,54
12	10	3	5	9,00	8,20	8,00	7,20	13,53
12	11	2	5	9,00	8,00	7,00	7,00	10,62
12	10	3	5	7,00	8,20	5,00	7,90	15,02
12	11	2	5	9,00	8,20	9,00	7,50	14,69
14	11	3	6	12,00	8,80	9,00	8,00	18,96
14	11	3	6	9,00	7,90	7,00	7,50	14,57
14	10	3	6	7,00	8,00	5,00	8,00	12,94
14	10	3	5	10,00	8,50	9,00	8,00	12,97
14	10	3	6	8,00	9,00	7,00	8,00	18,46
14	11	3	5	10,00	8,90	8,00	7,90	13,49
14	11	3	5	11,00	8,90	9,00	7,50	10,51
14	11	3	5	12,00	9,50	10,00	8,50	14,92
14	11	3	6	8,00	9,00	7,00	8,00	20,15
14	11	3	6	12,00	9,00	8,00	7,50	18,57
14	11	3	6	12,00	9,00	9,00	8,00	17,63
14	10	3	5	5,00	8,00	4,00	7,50	11,21
14	11	3	5	12,00	8,50	10,00	7,50	13,83
14	10	3	5	8,00	8,70	7,00	8,00	14,54
14	11	3	5	11,00	9,20	10,00	8,40	16,61
14	10	3	5	8,00	9,00	7,00	8,00	13,39
14	10	3	6	10,00	9,00	6,00	7,80	16,23
14	11	3	5	11,00	8,20	7,00	7,00	11,01
14	10	3	5	10,00	9,00	8,00	7,50	16,98

14	10	3	6	9,00	9,50	7,00	8,20	17,12
14	10	3	5	8,00	8,70	7,00	7,80	10,92
14	11	3	6	10,00	8,90	6,00	7,90	17,95
14	11	3	6	13,00	9,00	11,00	8,00	20,92
14	11	3	6	13,00	9,00	9,00	8,50	15,81
14	11	3	6	13,00	9,90	9,00	9,00	19,25
14	11	3	6	10,00	9,00	9,00	8,00	19,38
14	11	3	6	11,00	9,00	8,00	7,80	21,14
14	11	3	5	11,00	8,90	9,00	8,00	13,83
14	11	2	6	9,00	8,70	6,00	8,00	15,34
14	11	3	6	10,00	9,00	9,00	8,00	18,60
14	10	3	5	9,00	8,50	7,00	7,30	12,62
14	10	3	5	8,00	8,00	8,00	7,00	16,50
14	11	3	5	10,00	8,80	7,00	8,00	12,87
14	11	3	5	11,00	9,00	10,00	8,00	14,56
14	10	3	5	9,00	8,70	8,00	8,00	10,30
14	11	2	5	11,00	9,00	8,00	7,80	17,48
14	11	3	6	13,00	8,90	9,00	7,80	18,23
14	11	3	6	11,00	8,60	10,00	7,60	19,95
14	11	3	6	11,00	9,50	10,00	8,20	21,86
14	11	3	5	11,00	9,80	10,00	8,10	21,98
14	11	3	5	12,00	8,80	10,00	8,00	14,86
14	11	3	6	9,00	8,40	7,00	7,70	17,20
14	11	3	6	10,00	9,60	8,00	8,40	18,42
14	11	2	6	12,00	9,80	7,00	8,40	18,82
14	10	3	5	9,00	9,20	7,00	8,50	13,00
14	11	2	6	9,00	9,40	8,00	8,50	21,50
14	11	3	6	10,00	8,90	8,00	8,00	17,36
14	11	3	5	8,00	8,50	6,00	8,20	12,35
14	11	2	6	9,00	9,20	8,00	8,10	18,02
14	11	3	5	14,00	9,50	11,00	8,80	15,47
14	10	2	6	7,00	8,40	8,00	7,90	15,95

14	10	3	5	5,00	8,20	5,00	7,70	10,85
14	10	2	6	8,00	8,60	7,00	7,90	16,31
14	10	2	6	8,00	9,00	8,00	8,10	18,37
14	11	2	6	10,00	8,60	9,00	8,00	17,79
14	11	3	5	13,00	8,70	11,00	8,10	15,80
14	11	2	5	12,00	8,70	11,00	8,00	11,55
14	10	3	5	9,00	8,60	8,00	8,00	11,22
14	10	2	5	9,00	8,50	8,00	7,80	12,54
14	11	3	5	11,00	8,70	9,00	8,10	14,58
14	11	3	6	12,00	9,20	10,00	8,20	21,67
14	11	2	6	12,00	8,90	9,00	8,00	18,03
14	11	3	5	10,00	8,80	9,00	8,20	14,00
14	11	3	5	13,00	8,80	11,00	8,00	16,37
14	11	2	6	12,00	8,60	9,00	8,00	18,78
14	10	2	5	11,00	8,90	10,00	8,00	15,39
14	11	3	6	9,00	8,20	7,00	7,60	18,14
14	10	3	5	10,00	9,20	9,00	8,50	14,27
14	10	2	5	10,00	9,20	8,00	7,80	14,69
14	11	3	6	8,00	8,50	7,00	7,60	18,92
14	11	2	6	11,00	8,60	8,00	8,20	16,83
14	11	3	5	8,00	8,30	8,00	7,80	12,81
14	10	3	5	7,00	8,00	5,00	7,50	12,73
14	10	3	5	7,00	8,20	6,00	7,50	12,69
14	11	3	6	9,00	8,60	7,00	7,90	20,07
14	10	3	5	8,00	8,80	8,00	8,00	15,35
14	11	2	6	9,00	8,20	8,00	7,80	17,92
14	10	3	5	10,00	9,00	8,00	8,00	13,52
14	11	3	6	10,00	8,80	8,00	8,00	21,34
14	10	3	5	9,00	8,40	7,00	7,50	13,74
14	10	3	5	5,00	8,00	6,00	7,50	12,43
14	11	3	6	10,00	8,50	8,00	7,50	19,51
14	11	3	6	10,00	8,90	9,00	7,50	18,38

14	10	3	6	8,00	8,60	8,00	8,00	18,20
14	11	3	6	12,00	9,10	10,00	8,10	26,23
14	10	3	5	7,00	8,00	5,00	7,50	13,20
14	11	3	6	8,00	9,00	7,00	7,50	16,22
14	10	2	6	9,00	8,20	7,00	7,80	13,54
14	11	2	6	8,00	8,50	7,00	7,80	19,31
14	10	3	5	8,00	8,60	7,00	8,00	16,09
14	10	3	5	9,00	8,00	9,00	7,80	13,50
15	11	3	5	12,00	8,50	10,00	7,60	13,92
15	10	3	6	7,00	8,00	5,00	7,60	15,08
15	10	3	6	5,00	8,30	4,00	7,30	13,13
15	10	3	6	7,00	8,90	7,00	7,50	18,22
15	10	3	6	8,00	8,50	7,00	8,00	17,29
15	10	3	6	9,00	9,00	8,00	8,00	19,90
15	10	3	6	9,00	9,20	8,00	7,90	21,15
15	11	3	6	11,00	9,80	9,00	8,00	20,44
15	11	2	6	8,00	8,30	8,00	7,50	18,64
15	10	3	5	8,00	8,10	9,00	8,00	10,88
15	10	3	6	10,00	8,60	7,00	7,80	16,93
15	10	3	6	8,00	8,00	5,00	7,60	14,96
15	11	3	6	9,00	8,50	8,00	8,00	15,10
15	11	3	6	7,00	8,50	5,00	7,40	16,86
15	10	3	5	10,00	8,50	9,00	8,00	14,29
15	11	3	6	10,00	8,60	8,00	8,00	22,71
15	11	2	5	10,00	8,30	9,00	7,20	16,36
15	10	3	5	9,00	8,20	7,00	7,30	9,35
15	11	3	5	9,00	8,50	8,00	7,90	13,11
15	10	2	6	9,00	8,50	8,00	8,20	18,02
15	10	2	6	9,00	8,90	8,00	7,90	14,39
15	10	2	6	8,00	9,00	7,00	8,00	18,86
15	10	3	5	9,00	9,00	8,00	8,20	20,78
15	10	3	6	7,00	8,50	7,00	7,00	20,22

15	10	2	6	10,00	8,90	5,00	8,00	13,77
15	10	2	5	8,00	9,00	8,00	8,00	11,71
15	10	2	6	9,00	9,00	7,00	8,00	16,27
15	10	2	6	8,00	9,70	7,00	8,50	18,23
15	10	2	6	9,00	9,80	7,00	8,30	18,27
15	10	2	6	10,00	9,80	8,00	8,70	20,64
15	10	3	6	11,00	8,60	9,00	9,50	18,18
15	10	3	6	10,00	9,00	9,00	8,20	19,77
15	10	3	5	9,00	9,00	9,00	8,00	14,27
15	10	3	6	8,00	8,90	6,00	7,90	15,90
15	10	3	6	8,00	8,90	7,00	7,90	15,61
15	10	2	6	9,00	8,90	8,00	7,90	17,04
15	10	3	5	9,00	9,00	8,00	8,80	16,77
15	10	2	6	8,00	8,80	7,00	8,50	17,52
15	10	2	6	12,00	9,50	10,00	7,60	19,75
15	10	2	6	7,00	8,60	6,00	7,80	16,56
15	10	3	6	8,00	9,40	7,00	7,50	15,49
15	10	3	6	10,00	9,20	9,00	7,80	17,74
15	10	2	5	10,00	8,50	8,00	7,50	14,04
15	10	2	5	7,00	9,00	6,00	8,40	14,18
15	10	2	6	8,00	8,20	7,00	7,90	13,62
15	10	3	5	12,00	8,60	10,00	8,20	13,52
15	10	3	6	11,00	9,80	9,00	8,90	19,10
15	10	3	6	7,00	8,40	5,00	7,50	14,35
15	10	3	6	8,00	9,00	6,00	7,90	17,33
15	11	2	6	9,00	8,80	7,00	7,80	18,59
15	11	2	5	10,00	8,10	9,00	8,00	16,25
15	10	3	6	6,00	7,60	5,00	7,40	14,63
15	10	3	5	8,00	8,00	5,00	7,40	11,07
15	10	2	5	9,00	8,20	7,00	7,30	15,02
15	11	3	5	10,00	9,00	7,00	8,00	13,44
15	10	2	6	9,00	9,20	8,00	8,00	15,01

15	11	3	6	8,00	9,00	7,00	7,90	18,97
15	11	2	6	12,00	9,30	11,00	7,90	19,90
15	10	3	5	9,00	8,50	9,00	8,20	17,22
15	11	3	5	11,00	8,60	10,00	7,90	16,98
15	10	3	5	11,00	9,60	9,00	8,50	16,50
15	10	3	5	9,00	9,00	9,00	8,20	16,73
15	10	2	6	11,00	9,00	10,00	8,00	19,23
15	10	3	5	9,00	8,90	10,00	8,00	16,60
15	10	3	5	9,00	8,80	8,00	7,90	17,05
15	11	3	5	14,00	9,40	10,00	8,20	16,54
15	10	2	5	10,00	8,10	9,00	8,00	12,36
16	11	3	6	9,00	8,90	5,00	7,60	17,18
16	11	3	6	9,00	7,90	7,00	7,30	18,01
16	10	3	5	9,00	8,00	7,00	7,80	11,34
16	11	3	6	10,00	9,00	7,00	8,00	16,53
16	11	3	6	8,00	8,00	5,00	7,50	13,84
16	11	3	6	8,00	8,50	6,00	7,50	14,84
16	10	2	6	9,00	8,70	6,00	7,90	13,14
16	11	3	6	8,00	8,50	7,00	7,50	14,06
16	11	2	6	8,00	8,90	5,00	7,50	12,78
16	10	2	6	9,00	9,00	6,00	8,00	17,47
16	11	3	6	8,00	9,00	4,00	8,00	17,02
16	11	2	6	10,00	8,50	7,00	7,90	11,70
16	10	2	6	9,00	9,00	7,00	7,90	17,32
16	10	2	6	8,00	8,60	7,00	7,80	14,13
16	11	3	5	10,00	9,00	8,00	8,00	14,71
16	10	2	6	7,00	8,40	6,00	7,60	13,67
16	10	3	6	7,00	9,10	6,00	8,00	17,56
16	11	2	6	10,00	8,60	9,00	7,80	14,74
16	11	2	6	11,00	8,70	7,00	7,90	18,15
16	10	3	5	10,00	8,60	9,00	7,20	11,37
16	11	3	6	10,00	8,90	8,00	8,20	19,87

16	10	3	5	7,00	7,60	5,00	7,00	11,76
16	11	2	5	10,00	8,30	10,00	7,80	14,33
16	10	2	6	8,00	8,30	6,00	7,80	14,09
16	10	2	5	7,00	8,10	6,00	7,70	11,61
16	11	2	6	11,00	8,80	8,00	8,10	17,63
16	10	2	5	8,00	8,40	7,00	8,10	11,87
16	11	3	6	10,00	8,50	9,00	7,50	19,40
16	11	3	6	7,00	8,40	7,00	7,40	14,86
16	11	2	6	10,00	8,60	8,00	7,90	16,62
16	10	2	6	9,00	8,60	6,00	7,80	17,35
16	10	2	6	8,00	8,10	6,00	7,30	12,67
16	10	2	6	9,00	8,50	6,00	7,00	16,62
16	11	2	5	7,00	7,00	4,00	7,00	9,51
16	11	2	6	7,00	8,40	5,00	7,50	15,77
16	10	2	6	7,00	8,00	4,00	7,00	11,74
16	10	2	6	8,00	8,50	5,00	7,70	17,18
16	10	3	6	9,00	8,80	7,00	7,90	15,88
16	10	2	6	6,00	8,50	4,00	7,70	18,00
16	10	3	6	8,00	8,00	5,00	7,40	13,67
16	10	2	5	6,00	7,60	5,00	7,00	10,59
18	11	3	6	12,00	9,50	8,00	8,20	21,98
18	10	3	6	10,00	8,60	9,00	7,90	14,53
18	11	3	6	11,00	9,00	9,00	8,00	18,16
18	10	3	5	6,00	8,00	5,00	7,50	12,49
18	10	3	5	9,00	9,00	6,00	7,50	12,46
18	10	3	5	9,00	9,00	9,00	8,30	17,10
18	10	3	5	10,00	8,60	10,00	8,50	17,78
18	10	3	5	10,00	7,70	9,00	7,60	11,26
18	11	3	6	7,00	8,70	6,00	7,40	17,14
18	10	2	6	8,00	8,20	6,00	7,40	16,13
18	11	2	6	9,00	8,00	7,00	7,80	13,02
18	11	2	6	11,00	8,50	9,00	7,80	19,73

18	11	2	5	13,00	10,00	13,00	9,00	18,15
18	11	3	5	13,00	9,00	11,00	8,00	12,09
18	11	2	6	11,00	8,50	7,00	8,00	17,79
18	10	3	6	9,00	9,00	8,00	8,00	19,30
18	10	2	5	10,00	9,00	9,00	8,00	12,24
18	10	2	6	8,00	8,50	5,00	7,50	15,28
18	11	3	6	8,00	9,80	6,00	8,50	21,40
18	10	3	5	9,00	8,30	8,00	7,80	11,17
18	10	2	6	10,00	7,60	6,00	7,10	12,46
18	11	3	6	9,00	8,40	6,00	7,90	15,92
18	11	3	6	12,00	9,30	8,00	7,80	14,37
18	10	3	6	8,00	9,20	8,00	7,50	20,66
18	10	2	6	11,00	9,70	8,00	7,70	18,96
18	10	3	5	7,00	9,00	6,00	8,00	11,57
18	10	2	6	10,00	9,80	7,00	8,50	18,03
18	11	2	6	13,00	10,50	9,00	9,00	23,10
18	11	2	5	13,00	9,70	11,00	9,00	16,70
18	11	2	5	8,00	8,80	6,00	8,00	25,75
18	10	2	6	13,00	9,00	11,00	8,00	16,83
18	11	3	6	6,00	8,60	6,00	7,80	20,10
18	11	3	6	11,00	9,00	8,00	8,20	16,36
18	11	2	6	12,00	9,70	9,00	8,70	17,50
18	11	3	5	9,00	9,00	10,00	8,30	15,17
18	11	3	5	12,00	9,00	12,00	9,00	14,56
18	11	2	5	15,00	9,50	14,00	8,50	17,15
18	11	2	5	10,00	9,40	8,00	8,50	21,94
18	11	2	5	10,00	8,50	7,00	7,50	13,51
18	10	3	6	9,00	8,40	8,00	8,00	19,31
18	10	2	5	10,00	8,90	9,00	8,20	14,81
18	11	2	6	11,00	8,90	7,00	8,00	19,02
18	10	3	6	9,00	8,30	7,00	7,90	16,94
18	10	3	5	10,00	8,30	8,00	7,60	13,27

18	10	2	6	8,00	8,60	5,00	7,90	15,33
18	11	2	6	11,00	8,60	8,00	8,00	20,38
18	11	3	5	15,00	9,00	13,00	8,10	19,20
18	11	2	6	10,00	8,50	8,00	8,00	16,62
18	10	3	6	8,00	8,50	7,00	7,90	12,41
18	11	3	5	10,00	9,20	9,00	8,60	18,30
18	11	2	6	10,00	9,20	9,00	8,00	17,55
18	10	2	6	10,00	8,60	7,00	7,30	15,86
18	10	3	6	7,00	8,00	4,00	7,00	14,35
18	10	2	5	10,00	8,70	9,00	7,70	14,25
18	11	3	6	9,00	8,30	8,00	7,50	19,44
18	11	2	5	11,00	9,20	9,00	8,70	14,00
18	10	3	6	6,00	8,00	7,00	7,80	16,93
18	11	2	5	11,00	8,50	10,00	7,90	13,34
18	11	2	6	9,00	8,50	8,00	7,50	18,20
18	11	3	6	8,00	8,30	6,00	7,40	17,92
20	10	3	6	9,00	8,00	5,00	7,30	12,83
20	11	3	6	10,00	9,00	7,00	7,50	16,61
20	10	3	6	8,00	8,50	6,00	7,50	15,05
20	11	3	6	10,00	9,00	8,00	7,50	20,74
20	11	2	6	9,00	9,00	7,00	8,00	15,97
20	11	2	6	13,00	10,00	9,00	8,50	19,88
20	10	2	5	13,00	9,50	9,00	8,50	12,03
20	10	3	6	10,00	9,00	9,00	8,20	19,11
20	11	2	6	11,00	9,00	9,00	7,90	15,08
20	10	2	6	10,00	8,80	9,00	8,00	18,38
20	11	2	6	8,00	8,70	5,00	8,00	15,76
20	10	2	5	8,00	8,00	5,00	7,20	13,16
20	11	2	6	8,00	8,50	7,00	7,90	10,78
20	11	2	6	8,00	9,50	8,00	9,00	16,57
20	11	2	6	11,00	9,00	8,00	8,50	17,02
20	10	3	6	7,00	9,80	6,00	8,50	14,82

20	10	3	5	9,00	9,70	7,00	8,50	12,31
20	11	3	5	12,00	8,80	9,00	8,70	19,41
20	10	3	6	10,00	9,00	6,00	8,50	20,51
20	11	2	6	7,00	8,50	5,00	7,40	15,88
20	11	3	6	9,00	9,00	8,00	7,00	22,56
20	11	2	6	10,00	8,30	8,00	7,30	18,22
20	11	2	6	7,00	8,20	5,00	7,60	16,38
20	11	2	6	7,00	8,20	6,00	7,10	16,31
20	11	2	6	10,00	8,60	7,00	8,10	15,64
20	11	2	6	8,00	9,20	7,00	8,00	16,06
20	11	2	6	8,00	8,30	5,00	7,90	15,73
20	11	2	6	9,00	8,90	7,00	8,00	15,70
20	11	2	6	7,00	8,60	7,00	7,70	14,46
20	11	2	6	8,00	8,30	6,00	7,60	15,30
20	11	2	6	9,00	8,40	8,00	7,90	14,82
20	11	2	5	10,00	8,60	10,00	8,00	15,44
20	10	2	6	10,00	8,40	9,00	7,90	13,17
20	10	2	6	9,00	8,30	6,00	7,20	16,22
20	11	2	6	9,00	8,10	8,00	7,60	15,84
20	11	2	6	11,00	9,00	11,00	8,50	20,95
20	11	2	6	9,00	9,00	9,00	8,00	18,99
20	11	2	6	9,00	8,70	9,00	8,50	19,94
20	11	3	5	11,00	9,00	10,00	8,30	15,93
20	11	3	6	12,00	9,50	9,00	8,30	19,05
20	11	2	6	8,00	8,00	6,00	7,00	15,80
20	10	3	5	7,00	8,60	5,00	7,20	14,36
20	10	3	6	9,00	8,50	7,00	8,00	18,82
20	10	3	6	6,00	8,50	6,00	7,00	15,69
20	11	2	6	9,00	8,50	8,00	7,00	13,94
20	10	3	6	6,00	9,30	7,00	8,20	21,29
20	10	3	5	9,00	9,00	8,00	8,20	14,29
20	11	3	6	8,00	8,00	7,00	7,00	16,40

20	11	3	6	5,00	8,80	4,00	7,80	14,88
20	10	3	6	8,00	8,20	5,00	7,40	15,31
20	11	2	6	5,00	8,00	4,00	7,00	13,35
20	11	2	6	9,00	8,60	8,00	8,20	16,34
20	10	2	6	8,00	8,00	6,00	7,10	17,08
20	11	2	6	7,00	8,90	7,00	7,20	14,97
20	10	2	5	7,00	8,40	6,00	7,50	11,66
20	10	3	6	10,00	9,00	9,00	8,50	19,27
20	10	3	5	7,00	8,50	7,00	8,00	12,56
20	10	3	6	9,00	8,20	8,00	8,00	20,88
20	10	2	6	9,00	8,80	7,00	7,20	15,80
20	10	3	5	9,00	9,00	7,00	8,40	15,26
22	11	2	6	10,00	9,00	10,00	8,00	18,82
22	11	3	6	8,00	8,60	7,00	7,40	11,69
22	10	2	6	10,00	8,50	7,00	8,20	17,53
22	11	3	6	11,00	8,50	9,00	7,80	18,44
22	11	3	6	10,00	9,10	9,00	7,60	22,52
22	10	3	6	7,00	8,30	6,00	7,20	13,96
22	11	3	5	8,00	7,40	7,00	7,30	9,67
22	11	3	6	10,00	9,00	7,00	8,00	17,40
22	10	3	5	10,00	9,00	9,00	8,00	14,17
22	10	3	6	13,00	9,80	6,00	8,90	18,86
22	10	3	6	5,00	9,00	5,00	8,00	15,61
22	10	3	6	10,00	8,50	7,00	7,80	16,05
22	10	2	6	11,00	9,00	9,00	8,00	17,47
22	11	2	5	11,00	9,00	9,00	8,00	12,16
22	10	3	6	8,00	9,00	7,00	8,00	11,46
22	10	2	5	13,00	9,00	11,00	8,00	12,18
22	11	3	6	10,00	8,90	9,00	8,00	18,28
22	10	3	5	7,00	8,70	6,00	7,80	11,72
22	10	3	6	11,00	9,50	8,00	8,00	12,51
22	10	3	6	11,00	11,00	9,00	9,00	15,28

22	11	2	6	10,00	9,00	9,00	8,00	16,68
22	10	2	5	9,00	9,00	5,00	7,80	8,68
22	11	2	5	15,00	9,50	12,00	9,00	16,46
22	11	2	5	8,00	8,30	7,00	7,80	15,64
22	11	3	6	15,00	10,00	8,00	8,50	18,54
22	11	3	5	11,00	9,00	10,00	8,00	12,88
22	10	3	5	9,00	8,20	7,00	7,00	10,57
22	11	3	5	11,00	9,80	9,00	7,90	17,70
22	10	3	5	8,00	8,50	7,00	7,40	12,43
22	10	3	5	11,00	8,90	11,00	8,20	16,71
22	10	2	5	8,00	7,60	7,00	8,30	11,50
22	10	2	6	10,00	9,00	7,00	8,00	15,78
22	10	3	6	7,00	8,00	7,00	7,00	14,86
22	10	2	5	9,00	8,00	6,00	7,00	10,98
22	10	3	6	8,00	9,00	7,00	7,90	16,95
22	10	3	6	9,00	9,00	8,00	8,30	18,05
22	10	2	5	8,00	8,00	7,00	7,50	9,76
22	10	2	5	12,00	8,50	8,00	7,50	11,89
22	10	2	5	9,00	8,00	8,00	7,30	10,72
22	11	2	5	12,00	9,20	11,00	8,40	12,35
22	10	3	6	11,00	9,50	9,00	8,50	17,91
22	11	3	5	10,00	9,00	10,00	8,00	15,49
22	10	3	5	10,00	8,50	10,00	8,20	12,93
22	11	3	5	14,00	10,00	11,00	8,30	18,38
22	11	3	6	11,00	8,60	7,00	8,00	16,81
22	10	2	5	9,00	8,50	8,00	7,90	14,20
22	11	3	5	10,00	8,60	9,00	7,80	13,64
22	10	3	6	7,00	7,80	7,00	8,60	16,45
22	11	3	6	9,00	8,70	8,00	8,10	18,17
22	11	2	6	7,00	8,20	6,00	8,00	16,85
22	11	2	6	10,00	8,60	9,00	7,90	17,47
22	10	2	5	9,00	8,40	8,00	7,40	11,74

22	11	3	6	9,00	8,80	9,00	8,10	17,78
22	10	3	5	8,00	8,20	7,00	8,00	15,91
22	11	2	6	11,00	8,80	9,00	8,00	17,23
22	10	3	5	7,00	7,90	6,00	7,70	11,23
22	10	3	6	9,00	8,40	7,00	8,20	18,24
22	11	3	6	12,00	8,40	9,00	7,80	16,82
22	10	3	6	10,00	8,40	7,00	7,80	15,44
22	11	2	5	9,00	8,70	8,00	8,00	10,56
22	10	3	5	8,00	8,20	7,00	7,50	12,63
22	10	2	6	9,00	8,60	8,00	8,00	20,53
22	10	2	5	10,00	8,80	10,00	8,00	15,77
22	10	3	5	9,00	9,00	8,00	8,00	17,31
22	10	2	5	6,00	7,50	6,00	7,50	14,11
23	11	3	6	8,00	8,50	7,00	8,20	19,19
23	10	3	5	8,00	7,90	6,00	7,50	9,44
23	11	3	5	9,00	8,20	7,00	7,00	10,68
23	11	3	6	15,00	9,80	12,00	8,00	19,43
23	11	2	6	9,00	9,80	7,00	7,80	13,45
23	11	3	6	14,00	9,50	11,00	8,00	18,39
23	11	2	5	10,00	9,80	9,00	8,00	13,90
23	11	3	5	8,00	8,30	7,00	7,30	10,75
23	11	3	6	9,00	9,00	7,00	7,80	16,76
23	11	3	6	9,00	8,00	7,00	7,50	16,78
23	11	3	6	9,00	8,60	7,00	7,00	9,85
23	11	2	5	9,00	8,00	6,00	7,50	11,37
23	10	3	6	7,00	8,50	4,00	7,00	11,43
23	11	3	5	4,00	8,00	4,00	7,50	8,82
23	11	3	6	6,00	8,20	6,00	7,70	17,48
23	11	3	6	11,00	8,90	9,00	8,10	23,83
23	10	3	6	8,00	8,30	8,00	8,00	17,50
23	11	3	6	8,00	8,20	7,00	7,80	18,99
23	11	3	6	6,00	8,10	4,00	7,60	12,68

23	10	3	6	7,00	8,50	6,00	7,90	14,52
23	11	3	5	8,00	8,30	7,00	7,80	13,52
23	11	2	5	7,00	8,40	7,00	7,90	13,04
23	11	3	6	6,00	8,20	6,00	7,90	19,08
23	10	3	5	8,00	8,40	8,00	7,90	10,84
23	10	3	6	5,00	8,40	5,00	7,80	14,16
23	10	3	5	8,00	8,40	7,00	7,80	13,02
23	10	2	5	9,00	8,90	8,00	7,90	12,59
23	10	3	6	7,00	8,70	7,00	7,90	16,53
23	11	3	6	8,00	8,50	5,00	8,00	17,90
23	10	3	5	6,00	8,70	6,00	8,00	13,41
23	10	2	6	8,00	7,90	5,00	7,50	15,54
23	11	3	6	8,00	8,50	8,00	7,70	19,04
23	11	2	5	9,00	8,30	8,00	7,80	12,01
23	10	3	6	6,00	8,00	5,00	7,80	12,17
23	11	2	5	10,00	8,20	9,00	7,70	13,08
23	10	2	5	6,00	8,20	5,00	7,50	11,33
23	11	2	5	6,00	8,20	6,00	7,50	10,47
23	10	2	6	7,00	8,20	5,00	7,00	12,47
23	10	3	5	10,00	8,50	8,00	8,00	16,49
24	10	2	5	9,00	9,00	7,00	8,00	12,38
24	10	3	6	8,00	8,60	5,00	7,50	15,92
24	10	3	6	9,00	8,90	6,00	7,80	16,82
24	11	3	6	8,00	9,00	7,00	7,00	14,83
24	10	2	6	7,00	8,90	5,00	8,00	16,21
24	10	2	5	9,00	10,00	9,00	8,50	14,71
24	11	2	6	8,00	9,20	8,00	8,00	18,61
24	10	2	6	10,00	9,00	8,00	8,00	15,19
24	11	2	6	8,00	9,00	7,00	8,00	15,16
24	11	2	5	9,00	8,90	8,00	8,00	11,21
24	10	3	6	9,00	9,00	7,00	8,00	18,18
24	10	3	5	8,00	7,80	7,00	7,00	10,62

24	11	3	6	9,00	9,50	8,00	8,70	19,65
24	10	3	6	6,00	8,50	5,00	7,90	12,76
24	10	2	6	7,00	9,00	6,00	8,00	14,61
24	10	2	5	9,00	9,00	6,00	8,00	11,99
24	11	3	6	11,00	9,00	6,00	7,90	14,38
24	10	2	5	8,00	9,60	6,00	7,80	12,09
24	10	2	5	7,00	8,40	7,00	7,70	12,93
24	10	2	5	7,00	8,50	5,00	7,40	12,33
24	10	3	6	7,00	8,00	5,00	7,40	16,75
24	10	2	5	9,00	8,60	8,00	8,00	12,10
24	10	3	5	7,00	8,10	5,00	7,80	12,15
24	10	3	6	11,00	8,20	9,00	8,00	17,32
24	10	3	5	9,00	8,90	9,00	8,40	18,87
24	10	3	5	8,00	8,00	7,00	7,20	11,20
24	10	2	5	11,00	8,50	8,00	8,00	12,66
24	11	3	6	7,00	8,00	6,00	7,00	15,99
24	11	3	5	8,00	8,50	6,00	7,80	13,83
24	10	2	6	5,00	7,80	4,00	7,00	12,59
24	11	2	5	11,00	8,60	9,00	8,00	12,57
24	11	3	6	8,00	8,50	7,00	7,50	18,41
24	11	2	6	7,00	8,30	6,00	7,90	14,18
24	11	3	6	8,00	8,50	6,00	7,60	14,71
24	10	2	6	8,00	8,30	6,00	7,20	14,54
16	11	3	5	12,00	8,90	11,00	7,70	12,77
20	11	2	5	7,00	8,20	7,00	7,30	15,10
23	11	2	6	9,00	8,30	6,00	7,90	15,60
24	11	3	5	8,00	8,20	6,00	7,10	10,10
15	11	2	5	9,00	8,40	9,00	7,60	13,90
16	10	3	5	12,00	8,90	11,00	7,70	12,77
16	10	3	6	9,00	9,10	6,00	7,90	14,90
12	10	2	5	7,50	8,55	7,50	8,00	11,72
12	10	2	5	7,50	8,55	7,50	8,00	11,72

12	10	2	6	7,50	8,65	5,50	7,70	16,60
12	10	2	6	7,50	8,65	5,50	7,70	16,60
12	10	3	5	8,50	8,35	7,50	8,05	15,62
12	10	3	5	8,50	8,35	7,50	8,05	15,62
12	10	3	6	7,00	9,10	6,00	8,00	16,67
12	10	3	6	7,00	9,10	6,00	8,00	16,67
12	11	2	5	9,50	8,50	8,50	7,80	16,77
12	11	2	5	9,50	8,50	8,50	7,80	16,77
12	11	2	6	9,50	8,65	6,50	7,70	18,00
12	11	2	6	9,50	8,65	6,50	7,70	18,00
12	11	3	5	11,00	8,70	9,50	7,75	13,30
12	11	3	5	11,00	8,70	9,50	7,75	13,30
12	11	3	6	9,00	9,30	8,00	8,00	15,20
12	11	3	6	9,00	9,30	8,00	8,00	15,20
14	10	2	5	10,00	8,70	9,00	7,90	13,97
14	10	2	5	10,00	8,70	9,00	7,90	13,97
14	10	2	6	8,50	8,60	7,50	7,95	15,96
14	10	2	6	8,50	8,60	7,50	7,95	15,96
14	10	3	5	10,00	8,75	8,50	7,75	14,98
14	10	3	5	10,00	8,75	8,50	7,75	14,98
14	10	3	6	9,00	8,80	7,00	7,90	17,22
14	10	3	6	9,00	8,80	7,00	7,90	17,22
14	11	2	5	11,50	8,85	9,50	7,90	14,52
14	11	2	5	11,50	8,85	9,50	7,90	14,52
14	11	2	6	8,50	8,60	6,50	7,90	17,33
14	11	2	6	8,50	8,60	6,50	7,90	17,33
14	11	3	5	12,50	9,15	10,50	8,25	15,65
14	11	3	5	12,50	9,15	10,50	8,25	15,65
14	11	3	6	10,50	8,75	9,00	7,80	18,66
14	11	3	6	10,50	8,75	9,00	7,80	18,66
15	10	2	5	9,50	8,15	8,00	7,65	13,69
15	10	2	5	9,50	8,15	8,00	7,65	13,69

15	10	2	6	8,50	9,00	7,00	8,00	17,57
15	10	2	6	8,50	9,00	7,00	8,00	17,57
15	10	3	5	9,00	8,75	9,00	8,10	15,75
15	10	3	5	9,00	8,75	9,00	8,10	15,75
15	10	3	6	8,00	8,70	7,00	7,95	16,45
15	10	3	6	8,00	8,70	7,00	7,95	16,45
15	11	2	5	9,50	8,25	9,00	7,80	15,08
15	11	2	5	9,50	8,25	9,00	7,80	15,08
15	11	2	6	10,50	9,05	9,00	7,85	19,25
15	11	2	6	10,50	9,05	9,00	7,85	19,25
15	11	3	5	11,50	8,55	10,00	7,75	15,45
15	11	3	5	11,50	8,55	10,00	7,75	15,45
15	11	3	6	8,50	8,75	7,50	7,95	17,04
15	11	3	6	8,50	8,75	7,50	7,95	17,04
16	10	2	5	6,50	7,85	5,50	7,35	11,10
16	10	2	5	6,50	7,85	5,50	7,35	11,10
16	10	2	6	8,50	8,55	6,50	7,40	15,38
16	10	2	6	8,50	8,55	6,50	7,40	15,38
16	10	3	5	11,00	8,75	10,00	7,45	12,07
16	10	3	5	11,00	8,75	10,00	7,45	12,07
16	10	3	6	8,00	9,10	6,00	7,95	16,23
16	10	3	6	8,00	9,10	6,00	7,95	16,23
16	11	2	5	8,50	7,65	7,00	7,40	11,92
16	11	2	5	8,50	7,65	7,00	7,40	11,92
16	11	2	6	10,00	8,60	8,50	7,85	15,68
16	11	2	6	10,00	8,60	8,50	7,85	15,68
16	11	3	5	11,00	8,95	9,50	7,85	13,74
16	11	3	5	11,00	8,95	9,50	7,85	13,74
16	11	3	6	8,00	8,65	6,00	7,50	16,02
16	11	3	6	8,00	8,65	6,00	7,50	16,02
18	10	2	5	10,00	8,80	9,00	7,95	14,53
18	10	2	5	10,00	8,80	9,00	7,95	14,53

18	10	2	6	11,50	8,80	9,00	7,65	16,35
18	10	2	6	11,50	8,80	9,00	7,65	16,35
18	10	3	5	10,00	8,00	8,50	7,60	12,27
18	10	3	5	10,00	8,00	8,50	7,60	12,27
18	10	3	6	9,50	8,45	8,00	7,90	15,74
18	10	3	6	9,50	8,45	8,00	7,90	15,74
18	11	2	5	13,00	9,85	12,00	9,00	17,43
18	11	2	5	13,00	9,85	12,00	9,00	17,43
18	11	2	6	10,50	8,85	9,00	7,90	18,64
18	11	2	6	10,50	8,85	9,00	7,90	18,64
18	11	3	5	12,50	9,00	11,50	8,50	13,33
18	11	3	5	12,50	9,00	11,50	8,50	13,33
18	11	3	6	11,00	9,00	8,50	8,10	17,26
18	11	3	6	11,00	9,00	8,50	8,10	17,26
20	10	2	5	7,50	8,20	5,50	7,35	12,41
20	10	2	5	7,50	8,20	5,50	7,35	12,41
20	10	2	6	9,50	8,55	7,50	7,60	17,30
20	10	2	6	9,50	8,55	7,50	7,60	17,30
20	10	3	5	8,00	8,75	7,00	8,20	13,91
20	10	3	5	8,00	8,75	7,00	8,20	13,91
20	10	3	6	8,50	8,35	6,00	7,70	17,07
20	10	3	6	8,50	8,35	6,00	7,70	17,07
20	11	2	5	8,50	8,40	8,50	7,65	15,27
20	11	2	5	8,50	8,40	8,50	7,65	15,27
20	11	2	6	8,50	8,95	8,00	8,45	15,70
20	11	2	6	8,50	8,95	8,00	8,45	15,70
20	11	3	5	11,50	8,90	9,50	8,50	17,67
20	11	3	5	11,50	8,90	9,50	8,50	17,67
20	11	3	6	11,00	9,25	8,00	7,90	17,83
20	11	3	6	11,00	9,25	8,00	7,90	17,83
22	10	2	5	10,50	8,50	8,00	7,70	13,05
22	10	2	5	10,50	8,50	8,00	7,70	13,05

22	10	2	6	10,50	9,00	8,00	8,00	16,63
22	10	2	6	10,50	9,00	8,00	8,00	16,63
22	10	3	5	9,00	8,75	8,00	7,70	13,30
22	10	3	5	9,00	8,75	8,00	7,70	13,30
22	10	3	6	9,50	8,75	7,50	8,05	17,05
22	10	3	6	9,50	8,75	7,50	8,05	17,05
22	11	2	5	10,00	8,85	8,50	8,00	11,36
22	11	2	5	10,00	8,85	8,50	8,00	11,36
22	11	2	6	10,00	9,00	9,50	8,00	17,75
22	11	2	6	10,00	9,00	9,50	8,00	17,75
22	11	3	5	10,00	8,80	9,50	7,90	14,57
22	11	3	5	10,00	8,80	9,50	7,90	14,57
22	11	3	6	10,50	8,75	8,00	8,00	17,55
22	11	3	6	10,50	8,75	8,00	8,00	17,55
23	10	2	5	7,50	8,55	6,50	7,70	11,96
23	10	2	5	7,50	8,55	6,50	7,70	11,96
23	10	2	6	7,50	8,05	5,00	7,25	14,01
23	10	2	6	7,50	8,05	5,00	7,25	14,01
23	10	3	5	7,00	8,55	6,50	7,90	13,22
23	10	3	5	7,00	8,55	6,50	7,90	13,22
23	10	3	6	7,50	8,40	7,00	7,95	16,01
23	10	3	6	7,50	8,40	7,00	7,95	16,01
23	11	2	5	9,50	8,10	7,50	7,60	12,23
23	11	2	5	9,50	8,10	7,50	7,60	12,23
23	11	2	6	9,00	9,05	6,50	7,85	14,53
23	11	2	6	9,00	9,05	6,50	7,85	14,53
23	11	3	5	8,50	8,25	7,00	7,40	12,10
23	11	3	5	8,50	8,25	7,00	7,40	12,10
23	11	3	6	8,50	8,25	7,00	7,85	17,99
23	11	3	6	8,50	8,25	7,00	7,85	17,99
24	10	2	5	9,00	9,50	8,00	8,25	13,55
24	10	2	5	9,00	9,50	8,00	8,25	13,55

24	10	2	6	7,00	8,95	5,50	8,00	15,41
24	10	2	6	7,00	8,95	5,50	8,00	15,41
24	10	3	5	7,50	8,05	6,00	7,50	11,68
24	10	3	5	7,50	8,05	6,00	7,50	11,68
24	10	3	6	9,00	8,95	6,50	7,90	17,50
24	10	3	6	9,00	8,95	6,50	7,90	17,50
24	11	2	5	10,00	8,75	8,50	8,00	11,89
24	11	2	5	10,00	8,75	8,50	8,00	11,89
24	11	2	6	8,00	9,10	7,50	8,00	16,89
24	11	2	6	8,00	9,10	7,50	8,00	16,89
24	11	3	5	8,00	8,35	6,00	7,45	11,97
24	11	3	5	8,00	8,35	6,00	7,45	11,97
24	11	3	6	7,50	8,50	6,50	7,00	15,41
24	11	3	6	7,50	8,50	6,50	7,00	15,41

Anexo 6

Algoritmo de la predicción del modelo 1 seleccionado con arquitectura (4-15-5)

```
function [y1] = myNeuralNetworkFunction1(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Auto-generated by MATLAB, 23-Nov-2023 02:16:38.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takes these arguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 5xQ matrix, output #1
% where Q is the number of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1.xoffset = [12;10;2;5];
x1_step1.gain = [0.16666666666666667;2;2;2];
x1_step1.ymin = -1;

% Layer 1
```

```

b1 = [-2.9683346593832076188;1.7177856430585267677; -3.6720132939206133749; -
0.38534530610336570344; -0.053900077166053252109; -
0.26218499025415498149;0.56336733277327244451;4.6380847236558437885; -
0.38949081360729465029;1.7884745771872636588; -
1.245904290028477579;2.3190089509402991297; -4.5201401475375311279; -
5.9245512075509463301; -2.9386411309611024656];
IW1_1 = [3.3160514092782000795 -1.8781932469091333626 1.3942435229607044178
1.3182943037694552224; -1.3745686555319669431 -0.39815623613894252086
0.97422845437841820715 0.14855014007717284863;3.2916740710217013977 -
2.2394295253257920919 1.8745436115232643193
0.54828103485906221071;0.7783330431059175547 -0.21912272761856757541 -
0.0095306899701472977404 0.33436817461989348788; -2.3715180656879426557 -
0.77499638673129678246 1.4966422675524340136 0.55839544751650926901; -
0.42659633057191126415 1.7049967669952368343 1.5248412268287707683
0.48498870377102015761;2.2291517008832513191 0.50835625547058471696 -
0.84182043303295284176 2.8700672344007376324; -9.5884314167583948318
2.9900837887126630044 0.3295403499422603355
8.3404772467031857985;0.96445083681056809066 -2.95808584024969079 -
1.9357143203145241728 -0.99063243806001310965;7.4299581170919610784 -
5.2791692208601181946 2.7397695654436637902 4.7369761532117937719; -
0.10765270506269905559 -1.6434929131792934687 -3.3587299469324540802 -
1.0183541078607254438;2.9798953812309885159 4.2587286743658783195 -
2.1970696295148548494 -0.062408442311259623714; -8.2147582754224899304 -
3.3513587764213785825 -0.26296951270260782163 0.48337543127902060647; -
6.2505606456676865434 2.2462283132165259403 -5.1115992378673524854
3.5428144271588188907; -2.2946266035547453477 -2.122358289873266024 -
0.46074832655667091741 -0.022942863460060258091];

```

% Layer 2

```

b2 = [-0.20019290429771680051;0.13318557361852498278; -
0.19327233725769427108;0.17925153616768729758; -0.28501559866589987191];
LW2_1 = [0.72062838992081279521 0.31050247949124865077 -1.2480182047673982204
1.3679037524666399772 0.90960363768958951702 -1.0550881598454284749 -
0.22280238998261994721 -0.5493049042745604682 -0.88361186003083380669 -
0.35241188569636916483 -0.12237697602638480943 0.21273818839873093189 -
0.40103677844142310294 0.33451280170983471729
0.17225199035348140453;0.38313116834176264014 0.19852933488299984166 -
0.43001803066285060329 0.98616190619681864948 0.73280186836440008857 -
1.0833564977958984876 -0.083904256047259095919 -0.44633980699128417147 -
0.85410730338267282225 -0.19278763841079968322 -0.2185590165706376431
0.56002438800095977189 -0.19740353270835872546 0.21227936739448186043
0.59949843269316638317;0.87017987199494328809 0.17164718191229522137 -
1.3902920556253388629 1.4886519427028388485 1.0533852228074074286 -
1.1825235871640318308 -0.32365868482296794584 -0.64728910831073205312 -
1.0651963471302685615 -0.37516396822995790039 -0.13668604010534168847
0.1643903008765964513 -0.5249582854817145261 0.42220108122763561065
0.31685402830916886696;0.66785586826491816215 0.18529357307685526135 -
0.7289342398424998315 1.3404403883051836388 1.033602340819508747 -
1.5457635553120394611 -0.15492268928087768454 -0.66416179385605444985 -
1.2356743173631314914 -0.31341707180539729594 -0.31351540346247513957
0.63967624241364862137 -0.34162762965058629527 0.36035439077295761123
0.81652358042267370042;0.60781785375465635646 0.78909751414260753677 -
0.62933627328711139182 1.3995660146817880953 1.0695469196326892192 -
2.319002594027824049 0.077138115947853580501 -0.70249662507218446628 -

```

```
1.6693636404327572009 -0.27613846003459685541 -0.5189865847709879132
1.064030871003690315 -0.31571491281706370868 0.28627295377226935624
1.0261904378795727588];
```

```
% Output 1
```

```
y1_step1.ymin = -1;
```

```
y1_step1.gain = [0.181818181818182;0.5;0.2;0.8;0.113960113960114];
```

```
y1_step1.xoffset = [4;7;4;7;8.68];
```

```
% ===== SIMULATION =====
```

```
% Dimensions
```

```
Q = size(x1,2); % samples
```

```
% Input 1
```

```
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1);
```

```
% Layer 1
```

```
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);
```

```
% Layer 2
```

```
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;
```

```
% Output 1
```

```
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1);
```

```
end
```

```
% ===== MODULE FUNCTIONS =====
```

```
% Map Minimum and Maximum Input Processing Function
```

```
function y = mapminmax_apply(x,settings)
```

```
y = bsxfun(@minus,x,settings.xoffset);
```

```
y = bsxfun(@times,y,settings.gain);
```

```
y = bsxfun(@plus,y,settings.ymin);
```

```
end
```

```
% Sigmoid Symmetric Transfer Function
```

```
function a = tansig_apply(n,~)
```

```
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
```

```
end
```

```
% Map Minimum and Maximum Output Reverse-Processing Function
```

```
function x = mapminmax_reverse(y,settings)
```

```
x = bsxfun(@minus,y,settings.ymin);
```

```
x = bsxfun(@rdivide,x,settings.gain);
```

```
x = bsxfun(@plus,x,settings.xoffset);
```

```
end
```

Anexo 7

Algoritmo de la predicción del modelo 1 con arquitectura (4-10-5)

```

function [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Auto-generated by MATLAB, 23-Nov-2023 01:54:32.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takes these arguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 5xQ matrix, output #1
% where Q is the number of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1.xoffset = [12;10;2;5];
x1_step1.gain = [0.1666666666666667;2;2;2];
x1_step1.ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [-1.4309750123137572331;-
2.1925941519848257677;1.5702269886029074364;0.06025359292699709185;0.13
826015296355681494;-
0.9554565893481534733;0.91111528624921378494;1.0958881725102678217;2.14
58245493575547336;1.5144979806286955615];
IW1_1 = [1.6865492440143610153 -0.45520426303038891147 -
0.2497364076510579789 -0.86625552348728518393;1.1932455094697638209 -
0.23607026016825100045 -1.0688521665005406014
2.5854243846659605843;0.45567789754978715866 2.3087768788790881125 -
0.33197154974435338914 -0.68097108914301662796;-0.6527759554736867198 -
0.75583126237865594366 -1.1271003822744989353 -
0.65203232498376972881;0.18784457388738090566 0.33162743712376840932
1.7596047823317939596 1.8489609584204353965;-0.74682142013643626477
2.1651668005997493083 -0.84195808327273224947
1.5104901716158585234;0.41386592434888314074 1.905947644704242494 -
1.13308849390525479 -0.73780409071535602017;0.069475131136413403876
0.29573198986757265327 -1.0204288234219156539 -
2.0074682355039676906;1.4764137586869796603 0.88403857006065778013 -
1.0108374387667951044 -1.2087036438610503364;1.5315113757677347728
0.450017400104964993 -0.11007149523824018289 0.41113822790824045006];

% Layer 2

```

```
b2 = [-0.58505421459421347308;-0.19535718189836456804;-  
0.68545168006202994437;-0.32374243433476412868;-  
0.46331792128529969421];  
LW2_1 = [-0.38101549793607142336 0.061894178481920754387  
0.84129130798037676797 0.20317304999092428153 -0.069174924210164620564  
-0.37780821413924720042 -0.3675814368228689788 -0.11366023312235035148  
-0.060804047348252759919 0.25028563391203290101;-  
0.037450542933663136247 0.037541434349072859422 0.14416456344569586467  
0.055587073213649987324 0.085886205419777011949 -0.06475294411155047003  
-0.034000220227189896505 -0.0041424792805035649465 -  
0.060553478987847561554 0.018946742247857990132;-0.3867165984518631805  
0.080204278097335782172 0.66873816266814989362 -0.09309920454390741007  
-0.35869527476031848323 -0.31123565222809074227 -0.31447614728343098456  
-0.04145220491237354421 -0.096443581844056158747  
0.19261453367164771411;-0.026215222306247891459 -  
0.0092168532137262438458 -0.14059151174400322248 -  
0.036513532734735031082 0.090120023376144609006 0.052866701584114092483  
0.087137010311709894861 0.15103989528112157781 -0.088653106662382588632  
0.044186278469967588123;-0.20415879715672211048 0.042251092652308919195  
0.42734527452452086838 0.26795534049023989054 0.19584326936564327992 -  
0.089756308344985144543 -0.23084560106097939958 -0.14293830317750241821  
-0.05913776464925889903 0.12694908495771317636];  
  
% Output 1  
y1_step1.ymin = -1;  
y1_step1.gain = [0.181818181818182;0.5;0.2;0.8;0.113960113960114];  
y1_step1.xoffset = [4;7;4;7;8.68];  
  
% ===== SIMULATION =====  
  
% Dimensions  
Q = size(x1,2); % samples  
  
% Input 1  
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1);  
  
% Layer 1  
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);  
  
% Layer 2  
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;  
  
% Output 1  
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1);  
end  
  
% ===== MODULE FUNCTIONS =====  
  
% Map Minimum and Maximum Input Processing Function  
function y = mapminmax_apply(x,settings)  
y = bsxfun(@minus,x,settings.xoffset);
```

```

y = bsxfun(@times,y,settings.gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings.ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n,~)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end

% Map Minimum and Maximum Output Reverse-Processing Function
function x = mapminmax_reverse(y,settings)
x = bsxfun(@minus,y,settings.ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings.gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings.xoffset);
end

```

Anexo 8

Algoritmo de la predicción del modelo 2 con arquitectura (4-10-3)

```

function [y1] = myNeuralNetworkFunction2(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Auto-generated by MATLAB, 23-Nov-2023 02:30:08.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takes these arguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 3xQ matrix, output #1
% where Q is the number of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1.xoffset = [12;10;2;5];
x1_step1.gain = [0.1666666666666667;2;2;2];
x1_step1.ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [-2.4538205343232211142;-2.6463710734227774424;-
2.8420376683608723489;-
2.7234662096305721768;0.17797950870656470412;0.16827471975515181923;-
1.3232188738127661498;0.7570089449634614942;1.2368994350073494459;-
4.0480001310257822666];
IW1_1 = [0.96597471733858553122 1.4225129166178420714 -
1.3164370182939393317 -1.2508565588826081605;-2.3180877560560562145

```

```

2.9961012997081706288 1.9163447592149849275 -
0.1986823463885462604;4.0531392182464323071 1.0363170614313894635
1.4582187558862049759 2.351492170515501634;2.8079868359518953547 -
2.019282393514161722 -3.2688681861236972281 -1.1492940986595765462;-
1.51330983172981548 -2.1251949354114247903 -1.2031033723248583112 -
1.1194529209603114595;3.1205098534679831523 3.4542300244969821321
1.7376352611530549996 1.5137679938042725158;-2.0374320848836360298
0.66352285586084713831 1.888178202374929171 0.36972137842515478967;-
0.5842852119443912029 -1.0895428558601512048 -0.64922677165818876155
2.6292230237791849312;0.84240479550114444329 -0.046549127682625306146
0.076249936676562962701 -0.73526589588905522099;-1.5231140458922631797
1.3480012931919223007 -1.4493721360991536073 -1.8913740124069018389];

% Layer 2
b2 = [-1.3589755163682348815;-0.61002359370561598517;-
1.4554557049678977787];
LW2_1 = [0.67254827261736915833 0.53422949206392744692 -
0.53784790493146583668 -0.36889376363497883293 1.0224093498493453946
0.78910183819218449042 -0.13069991219823820505 0.70637016709545707993
1.2490921253876983155 -0.70641424915648631799;0.33455063279049462865
0.18303798226397119397 -0.15185473302998683809 -0.1513892281717016397
0.49708087273535705997 0.37248601978193868201 -0.025372834946227558472
0.2658565183449553837 0.36480030216023012768 -
0.38143495706392271938;0.81358426637369896106 0.53871565275066990441 -
0.38216091050027656273 -0.50091295904093791069 1.4332513914407678524
0.99952349848004640176 -0.10835551857751725413 0.87930727048990009465
1.0103718801854844056 -0.8635154095963606391];

% Output 1
y1_step1.ymin = -1;
y1_step1.gain = [0.181818181818182;0.5;0.113960113960114];
y1_step1.xoffset = [4;7;8.68];

% ===== SIMULATION =====

% Dimensions
Q = size(x1,2); % samples

% Input 1
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1);

% Layer 1
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);

% Layer 2
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;

% Output 1
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1);
end

```

```

% ===== MODULE FUNCTIONS =====

% Map Minimum and Maximum Input Processing Function
function y = mapminmax_apply(x,settings)
y = bsxfun(@minus,x,settings.xoffset);
y = bsxfun(@times,y,settings.gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings.ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n,~)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end

% Map Minimum and Maximum Output Reverse-Processing Function
function x = mapminmax_reverse(y,settings)
x = bsxfun(@minus,y,settings.ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings.gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings.xoffset);
end

```

Anexo 9

Algoritmo de la predicción del modelo 2 con arquitectura (4-15-3)

```

function [y1] = myNeuralNetworkFunction3(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Auto-generated by MATLAB, 23-Nov-2023 02:44:25.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takes these arguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 3xQ matrix, output #1
% where Q is the number of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1.xoffset = [12;10;2;5];
x1_step1.gain = [0.1666666666666667;2;2;2];
x1_step1.ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [3.324503155328350168;-2.5667690668246927466;-
2.2743433856014094729;-
1.9361677535200996214;1.8288558017829217306;1.4914318101250256809;-

```

```
0.05187168411622212344;-0.19842607631633879528;-  
0.50770388270361266336;1.0507623168850266371;1.4809255292721206221;1.25  
40156807513556103;1.5054605006649335319;-  
3.5287802215061980782;2.3554805425765472648];  
IW1_1 = [1.2465722199181883401 0.91223282064304167527  
0.33179838890598173373 1.8614675970159364482;-0.037771920766922394141  
0.044198187799138054233 2.3911238725952546069 -  
0.54749728954188792152;5.1085581099376735636 -1.5465130076184083752 -  
2.8799819378616615673 0.047210683752338840347;3.0130176702309907633  
2.5615370659549694388 2.4489051890170987491 -1.6368107763393018317;-  
2.0482102341116874555 1.6159134814724689377 -1.6101390503823442835 -  
1.9457275486828422562;-2.116306184912245314 0.25741327138735220492  
2.8109467111873400746 -1.3464275736153403784;0.95167958465069557583  
1.267371779138846799 -1.6215934391274011706 0.21607532878188048797;-  
0.10856159710707097288 -2.1284504094955227771 -0.1004994178641573227  
1.5673716707811060633;-1.6371785524024062841 -1.5853480282839040871 -  
2.5124625897372880878 -1.872848221619903164;3.4000654745682434843 -  
0.93871613451199698019 1.982868335102117463  
1.9985164805394446397;1.5532763966290890068 2.037598892030919373 -  
1.5769769255401291375 -0.091572078234795031837;2.6216333527970157036 -  
0.39933057059246862552 1.186100128707896717  
1.6000110720033229317;1.3672831279782833303 2.3612548480410775475 -  
2.2436036827932617221 -0.71038851010452996881;-2.0812011123710516536  
2.009222965563359331 1.7025972614048088261 0.086897651475436807345;-  
0.29460250837025558912 -1.0372577763342514245 -3.2624828450536389468  
1.6592812924937614394];
```

```
% Layer 2
```

```
b2 = [-0.54175893031074262574;-0.099452687806251563463;-  
0.089737631800101969048];  
LW2_1 = [0.0084583664341632003314 0.65316455726760269673 -  
0.30579420861583905822 -0.4106553397584315479 -0.74370095489642296105 -  
0.84345222268831387957 -1.9281462312518504731 -1.4701089282157357996  
0.51588258713633061703 0.23173392043875168378 1.018477349858031733 -  
0.10334859780667512985 0.021243628838851891238 -0.59810143630565149042  
0.53811816632311415542;-0.064483610769735189017 0.25295365614444426106  
-0.1429355186264999189 0.013763735554962842206 -0.14583996389158332407  
-0.3108692966437255345 -0.39924176740608680047 -0.31693895223806212158  
0.082089763549009167609 0.25122787367942961412 0.30328935100946785575 -  
0.19229562209398945449 -0.14055597008737547027 -0.087511847671862832976  
0.27665593854281184116;-0.5179753743135181443 0.46239170571301058121 -  
0.57022952027030560096 -0.089610926086362299725 -0.69993261529372718943  
-1.1202340498046619022 -1.4774665190784921354 -1.0932552343409711604  
0.19303197080592202073 0.8100692830659641519 1.6666119576536135849 -  
0.80169851420295723532 -0.9534656299192403317 -0.51452815735486912008  
0.63010662434984909819];
```

```
% Output 1
```

```
y1_step1.ymin = -1;  
y1_step1.gain = [0.181818181818182;0.5;0.113960113960114];  
y1_step1.xoffset = [4;7;8.68];
```

```

% ===== SIMULATION =====

% Dimensions
Q = size(x1,2); % samples

% Input 1
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1);

% Layer 1
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);

% Layer 2
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;

% Output 1
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1);
end

% ===== MODULE FUNCTIONS =====

% Map Minimum and Maximum Input Processing Function
function y = mapminmax_apply(x,settings)
y = bsxfun(@minus,x,settings.xoffset);
y = bsxfun(@times,y,settings.gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings.ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n,~)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end

% Map Minimum and Maximum Output Reverse-Processing Function
function x = mapminmax_reverse(y,settings)
x = bsxfun(@minus,y,settings.ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings.gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings.xoffset);
end

```

Anexo 10

Algoritmo de la predicción del modelo 3 con arquitectura (4-10-1)

```

function [y1] = myNeuralNetworkFunction4(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Auto-generated by MATLAB, 24-Nov-2023 16:52:30.
%
```

```

% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takes these arguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 1xQ matrix, output #1
% where Q is the number of samples.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1.xoffset = [12;10;2;5];
x1_step1.gain = [0.1666666666666667;2;2;2];
x1_step1.ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [3.0879420477386294586;-0.4988040360580697774;-
2.6668242850431589375;-1.5341577413929314844;-
0.4112498036296581283;0.72950294169931195754;-1.8137547322380029868;-
2.0945206448674356103;-2.6618419971275035785;2.8421554420434138599];
IW1_1 = [2.9305583339202181392 2.9810613669843277762 -
2.4418732665341837951 -1.9307985973608043917;-2.4957675170185620317
1.5198257998655724244 0.076832506531349348267 -
3.0663313007928150178;3.9275806405520348186 2.7891266518043922318 -
0.80588743378806648732 1.9784178630469206883;2.5588829488713025206 -
0.13620753589493198032 -1.0066538818336356886 0.33547083824296403121;-
0.97893869825537860319 1.9037691736702695433 -0.51206625148370021883 -
0.20006284301344745558;8.9653083211548576514 0.38245863822620762562 -
4.61170211959321108 -3.9458432232465328049;2.7452198887595060661
1.9355483617619340109 -0.796051153546747714 1.4872800558581933394;-
2.8854689381046663144 2.4976539052650852391 3.3142633779463426258 -
0.745659856690192413;-6.1122587210479535358 1.8762695740730732652 -
1.9117239869927276086 2.0244734536320199147;-0.33660451205446811906
2.1842254567107688423 2.9846306303714227326 -0.41686123559505511293];

% Layer 2
b2 = -0.21053627867311791588;
LW2_1 = [-0.24729584380766136964 -0.23329050318727145852 -
0.98393910918479554617 -0.29731974016520518189 0.26604359116066422786
0.15723080852260798435 1.0934481905045669858 0.070648271782632443561 -
0.090783906891497082037 -0.12653564105888320812];

% Output 1
y1_step1.ymin = -1;
y1_step1.gain = 0.113960113960114;
y1_step1.xoffset = 8.68;

% ===== SIMULATION =====

% Dimensions
Q = size(x1,2); % samples

```

```

% Input 1
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1);

% Layer 1
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);

% Layer 2
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;

% Output 1
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1);
end

% ===== MODULE FUNCTIONS =====

% Map Minimum and Maximum Input Processing Function
function y = mapminmax_apply(x,settings)
y = bsxfun(@minus,x,settings.xoffset);
y = bsxfun(@times,y,settings.gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings.ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n,~)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end

% Map Minimum and Maximum Output Reverse-Processing Function
function x = mapminmax_reverse(y,settings)
x = bsxfun(@minus,y,settings.ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings.gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings.xoffset);
end

```

Anexo 11

Algoritmo de la predicción del modelo 3 con arquitectura (4-15-1)

```

function [y1] = myNeuralNetworkFunction5(x1)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Auto-generated by MATLAB, 24-Nov-2023 17:16:55.
%
% [y1] = myNeuralNetworkFunction(x1) takes these arguments:
%   x = 4xQ matrix, input #1
% and returns:
%   y = 1xQ matrix, output #1
% where Q is the number of samples.

```

```
%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Input 1
x1_step1.xoffset = [12;10;2;5];
x1_step1.gain = [0.1666666666666667;2;2;2];
x1_step1.ymin = -1;

% Layer 1
b1 = [-3.241693541498508857;-5.5166484190465396864;-
2.0848032167957732952;0.81688967580913240951;-
1.9253112258821536429;0.21668111538083253964;2.5387555403244483898;1.54
30371482917895065;1.5791205657714317834;0.098983552387975431985;-
2.0585730664339112472;2.8556078969931264488;2.2397368726357917978;-
4.317418399880589952;5.4404624510206005539];
IW1_1 = [3.5859957774786193063 -1.9660476617252025111 -
2.078425851410747871 3.6065002730782440565;6.7013195597895380828
1.8674278416848217876 -2.2889528582073470631
0.13771384462723529341;2.9485409071705257489 1.5103435272268328493
1.751493086613308714 4.3412207451098030475;3.0590635208402652268 -
3.7575212440067011777 3.6893776258704034099 -
3.4499943873211842416;2.8192879783241218128 2.0576645105204418584 -
0.64392600807928046525 0.17672776868542725004;-1.7622718971186792647
1.3929842346929743879 -1.378354691840937285 -1.6475875308176699541;-
6.2864385402063316377 5.0413649601281065316 -4.5276335199336932291 -
2.9988963489857254352;-2.4456153526714849988 -2.9941748456779526677
0.033931296994202927997 -1.5538758776792724881;-3.3190752791247959408 -
0.83586571347391291908 2.0267994259163288895 5.2149476502864571259;-
0.518714547250184288 -2.7114033417222627165 1.0234884308813989584
0.77227750329712319122;-0.91529167949981293795 1.2190528947776879676 -
0.73248163919177422532 3.1622308438841519873;2.7810037863647973921 -
1.152368984228655302 4.4175384573333209559 2.0198987687778382494;-
1.5124330987894019085 -3.7505302038943044707 -1.542479815199507831 -
1.9260057340762415379;0.61909443654972551307 -3.0017247670419018313 -
0.85094751184225747576 -1.0219867052510982486;3.9845716401915125537
4.182982627443906587 2.3098289041086932372 1.9945930725373097747];

% Layer 2
b2 = -0.63166310826323290861;
LW2_1 = [0.70304539934769949561 -0.8783059769070652445
1.1632912560203547692 1.3454260171512983923 -1.0912587638498087994
1.8474699878948619425 -1.0813802079698100478 -2.4595244311424293571 -
1.9626725272644707232 -2.40378947040641755 3.1287479620410154624
1.8910505721115362654 4.3713470188236582814 -0.89171360623771289688 -
1.3989649919401898615];

% Output 1
y1_step1.ymin = -1;
y1_step1.gain = 0.113960113960114;
```

```
y1_step1.xoffset = 8.68;

% ===== SIMULATION =====

% Dimensions
Q = size(x1,2); % samples

% Input 1
xp1 = mapminmax_apply(x1,x1_step1);

% Layer 1
a1 = tansig_apply(repmat(b1,1,Q) + IW1_1*xp1);

% Layer 2
a2 = repmat(b2,1,Q) + LW2_1*a1;

% Output 1
y1 = mapminmax_reverse(a2,y1_step1);
end

% ===== MODULE FUNCTIONS =====

% Map Minimum and Maximum Input Processing Function
function y = mapminmax_apply(x,settings)
y = bsxfun(@minus,x,settings.xoffset);
y = bsxfun(@times,y,settings.gain);
y = bsxfun(@plus,y,settings.ymin);
end

% Sigmoid Symmetric Transfer Function
function a = tansig_apply(n,~)
a = 2 ./ (1 + exp(-2*n)) - 1;
end

% Map Minimum and Maximum Output Reverse-Processing Function
function x = mapminmax_reverse(y,settings)
x = bsxfun(@minus,y,settings.ymin);
x = bsxfun(@rdivide,x,settings.gain);
x = bsxfun(@plus,x,settings.xoffset);
end
```

Respecto al **Anexo 12**, en las columnas donde se ubican los números, están en el ordenado de arriba hacia abajo como grado basal, largo basal, grado apical, largo apical y peso de racimo respectivamente. Las combinaciones de SC*DM*NM son (#n*#n*#n) ubicado en la parte superior de las tablas.

Anexo 12

Porcentaje de error de predicción

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
Lote 12	7,81	7,73	1,02%	7,53	7,50	0,41%	7,69	8,00	3,90%	7,06	7,67	7,90%
	8,40	8,43	0,32%	8,80	8,65	1,78%	8,61	8,51	1,16%	8,86	8,89	0,36%
	6,78	6,91	1,91%	6,25	5,50	13,70%	6,57	6,82	3,67%	6,29	6,00	4,85%
	7,72	7,79	0,92%	7,97	7,70	3,50%	7,87	7,87	0,02%	7,98	7,86	1,56%
	11,32	11,45	1,13%	16,97	16,60	2,23%	14,11	14,32	1,44%	16,81	16,50	1,88%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
Lote 12	9,89	9,33	5,94%	8,99	9,13	1,48%	9,89	9,75	1,46%	10,24	9,45	8,27%
	8,57	8,37	2,49%	8,79	8,54	2,95%	8,54	8,56	0,26%	8,93	9,02	0,98%
	8,17	8,33	1,93%	6,41	6,38	0,60%	8,14	8,50	4,24%	7,92	7,55	4,93%
	7,81	7,62	2,51%	7,83	7,81	0,28%	7,67	7,66	0,07%	7,99	8,00	0,10%
	15,41	15,40	0,08%	17,66	17,43	1,32%	12,30	13,07	5,93%	17,05	17,08	0,19%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 14	9,18	10,00	8,22%	8,29	8,17	1,53%	8,27	8,25	0,29%	8,07	8,57	5,85%
	8,80	8,80	0,03%	8,91	8,57	4,04%	8,52	8,53	0,20%	8,78	8,81	0,42%
	8,08	8,80	8,23%	6,86	7,50	8,58%	7,03	7,17	1,92%	6,78	6,71	1,05%
	8,08	7,88	2,52%	8,04	7,93	1,39%	7,79	7,78	0,14%	7,92	7,97	0,60%
	14,51	14,11	2,84%	17,56	16,01	9,68%	13,34	13,42	0,60%	17,28	16,77	3,04%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 14	10,75	11,50	6,56%	10,47	9,83	6,50%	11,39	11,20	1,70%	10,91	10,55	3,35%
	8,58	8,85	3,08%	8,80	8,81	0,08%	8,88	8,91	0,26%	9,07	8,89	2,11%
	9,43	9,50	0,71%	8,47	7,67	10,46%	9,85	9,30	5,89%	8,66	8,41	2,98%
	7,91	7,90	0,08%	7,98	8,05	0,83%	8,00	8,03	0,39%	8,07	7,91	1,98%
	15,73	14,52	8,38%	18,41	18,08	1,80%	14,81	14,56	1,72%	19,24	19,09	0,78%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 15	8,86	9,00	1,51%	8,47	9,00	5,94%	9,50	9,27	2,54%	8,53	8,24	3,58%
	8,63	8,44	2,25%	8,85	9,05	2,23%	8,70	8,71	0,12%	8,69	8,72	0,38%
	7,63	7,71	1,15%	6,86	7,47	8,24%	8,25	8,53	3,33%	7,06	6,86	2,90%
	7,94	7,79	1,93%	7,97	8,08	1,33%	7,96	8,06	1,27%	7,88	7,86	0,25%
	13,54	13,53	0,13%	17,01	17,19	1,07%	14,55	15,10	3,63%	16,90	17,04	0,82%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 15	10,11	9,60	5,30%	9,70	10,00	2,98%	11,25	11,29	0,29%	9,18	8,86	3,70%
	8,43	8,26	2,01%	8,57	8,90	3,71%	8,84	8,73	1,30%	8,77	8,84	0,86%
	8,77	9,00	2,53%	7,68	8,80	12,70%	9,69	9,29	4,33%	6,94	7,43	6,54%
	7,77	7,68	1,12%	7,79	7,78	0,09%	7,96	7,87	1,14%	7,72	7,89	2,06%
	14,56	15,33	5,01%	16,98	19,12	11,22%	14,56	14,98	2,84%	17,43	18,31	4,80%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 16	7,93	6,80	16,55%	8,26	8,14	1,49%	9,69	10,00	3,10%	7,86	8,17	3,80%
	8,26	7,96	3,74%	8,65	8,52	1,51%	8,49	8,43	0,68%	8,51	8,87	4,08%
	6,42	5,80	10,71%	6,36	5,86	8,64%	8,34	8,67	3,78%	6,25	6,00	4,12%
	7,58	7,50	1,07%	7,77	7,59	2,28%	7,79	7,43	4,74%	7,73	7,85	1,55%
	11,17	11,25	0,77%	15,70	15,30	2,66%	12,93	11,90	8,65%	15,75	15,75	0,02%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 16	8,49	8,50	0,14%	9,42	9,67	2,52%	10,82	11,00	1,64%	8,48	8,58	1,19%
	8,06	7,65	5,33%	8,50	8,63	1,54%	8,71	8,95	2,68%	8,67	8,58	1,05%
	7,00	7,00	0,06%	7,42	7,33	1,12%	9,22	9,50	2,98%	6,25	6,42	2,54%
	7,39	7,40	0,11%	7,73	7,81	1,02%	7,84	7,85	0,09%	7,59	7,63	0,44%
	11,92	11,92	0,01%	16,47	15,42	6,83%	13,71	13,74	0,22%	16,82	16,47	2,10%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 18	10,20	10,00	2,00%	9,33	10,10	7,64%	9,89	9,00	9,85%	8,47	8,50	0,40%
	8,60	8,84	2,74%	8,57	8,76	2,22%	8,51	8,39	1,43%	8,69	8,49	2,34%
	8,69	9,00	3,49%	7,01	7,30	3,97%	8,94	7,80	14,58%	7,27	7,40	1,82%
	7,85	7,96	1,40%	7,64	7,67	0,35%	7,86	7,80	0,71%	7,95	7,78	2,17%
	14,16	14,07	0,62%	16,12	16,16	0,22%	13,17	13,16	0,09%	17,08	16,59	2,93%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 18	11,31	11,70	3,31%	10,12	10,67	5,16%	12,60	12,00	4,97%	9,39	9,58	2,03%
	9,05	9,33	3,04%	8,76	8,88	1,44%	9,23	9,03	2,18%	8,90	8,91	0,15%
	10,08	10,20	1,19%	8,30	8,25	0,56%	11,13	11,14	0,13%	7,13	7,33	2,81%
	8,29	8,51	2,57%	7,97	8,05	0,95%	8,35	8,43	0,93%	7,78	7,91	1,63%
	17,74	17,54	1,14%	17,55	18,35	4,36%	17,55	15,14	15,91%	18,22	18,11	0,61%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 20	8,60	8,60	0,06%	9,75	9,29	5,03%	8,05	8,14	1,14%	8,69	8,38	3,60%
	8,34	8,46	1,39%	8,51	8,49	0,26%	8,48	8,90	4,71%	8,74	8,67	0,80%
	6,87	6,20	10,74%	7,08	7,43	4,72%	7,22	6,86	5,27%	7,37	6,62	11,46%
	7,49	7,58	1,22%	7,55	7,51	0,47%	7,83	8,10	3,37%	7,97	7,88	1,09%
	12,14	12,33	1,61%	16,43	16,46	0,22%	13,36	13,80	3,17%	17,07	17,52	2,57%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 20	10,69	8,50	25,80%	8,55	8,66	1,26%	11,97	11,50	4,07%	9,78	9,50	2,92%
	8,95	8,40	6,50%	8,64	8,69	0,48%	9,03	8,90	1,44%	8,89	8,98	0,92%
	9,53	8,50	12,12%	7,16	7,24	1,10%	10,46	9,50	10,12%	7,48	7,38	1,36%
	8,22	7,65	7,46%	7,83	7,87	0,59%	8,20	8,50	3,55%	7,79	7,61	2,37%
	15,64	15,27	2,45%	15,80	16,11	1,91%	16,44	17,67	6,98%	18,11	18,24	0,68%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
Lote 22	9,02	9,46	4,68%	10,09	10,17	0,73%	8,47	8,75	3,22%	8,60	9,06	5,15%
	8,52	8,33	2,26%	8,74	8,85	1,27%	8,51	8,55	0,42%	8,66	8,92	2,85%
	7,34	7,69	4,63%	7,76	7,83	0,94%	7,70	7,83	1,71%	7,09	7,19	1,40%
	7,64	7,66	0,25%	7,82	8,03	2,64%	7,92	7,77	2,03%	7,88	8,08	2,50%
	12,13	12,12	0,05%	16,92	17,43	2,93%	14,01	13,52	3,66%	16,23	15,98	1,53%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
Lote 22	9,63	10,71	10,12%	9,31	9,71	4,18%	10,55	10,50	0,46%	10,38	10,50	1,17%
	8,71	8,91	2,30%	8,99	8,80	2,21%	8,71	8,93	2,40%	8,82	8,84	0,23%
	8,35	9,14	8,72%	8,20	8,86	7,38%	9,00	9,38	3,96%	8,22	8,17	0,64%
	8,00	8,17	2,10%	8,14	7,99	1,89%	7,88	7,89	0,04%	7,84	7,94	1,32%
	13,06	12,84	1,67%	16,96	17,51	3,11%	14,24	14,61	2,53%	17,70	17,63	0,42%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 23	8,86	7,50	18,17%	7,51	7,50	0,17%	7,88	7,71	2,16%	8,10	6,88	17,88%
	8,61	8,55	0,66%	8,49	8,05	5,50%	8,34	8,43	1,02%	8,52	8,40	1,47%
	7,25	6,50	11,61%	5,35	5,00	7,06%	7,03	6,86	2,47%	6,48	6,13	5,84%
	7,72	7,70	0,32%	7,57	7,25	4,46%	7,77	7,86	1,09%	7,74	7,79	0,60%
	12,29	11,96	2,75%	14,47	14,01	3,35%	13,09	12,80	2,22%	15,24	14,79	3,07%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 23	9,50	8,75	8,54%	8,61	9,00	4,29%	8,56	7,67	11,70%	10,06	8,93	12,58%
	8,68	8,39	3,44%	8,91	9,05	1,56%	8,37	8,22	1,89%	8,78	8,57	2,46%
	8,15	7,50	8,70%	7,41	6,50	13,98%	7,07	6,50	8,84%	8,02	7,33	9,36%
	7,96	7,70	3,41%	8,01	7,85	2,02%	7,52	7,40	1,66%	7,84	7,80	0,49%
	12,37	12,29	0,61%	16,20	14,53	11,54%	12,05	11,33	6,37%	17,37	17,69	1,80%

	10*2*5			10*2*6			10*3*5			10*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 24	8,24	8,70	5,29%	6,89	7,29	5,45%	7,50	7,83	4,24%	8,13	8,50	4,39%
	8,69	9,06	4,09%	8,88	8,70	2,06%	8,31	8,15	1,95%	8,59	8,64	0,56%
	6,75	7,20	6,24%	5,07	5,71	11,33%	6,53	6,67	2,04%	6,43	6,25	2,91%
	7,81	7,99	2,31%	7,90	7,74	2,08%	7,72	7,57	1,99%	7,79	7,80	0,12%
	12,62	12,83	1,64%	16,33	14,85	9,93%	13,18	12,70	3,76%	15,89	16,59	4,24%

	11*2*5			11*2*6			11*3*5			11*3*6		
	Pred	Real	%E									
lote 24	9,66	10,00	3,40%	8,51	7,80	9,12%	7,82	8,00	2,22%	7,91	8,25	4,13%
	8,71	8,75	0,46%	8,95	8,94	0,09%	8,33	8,35	0,20%	8,53	8,69	1,83%
	8,27	8,50	2,73%	7,26	7,20	0,78%	6,35	6,00	5,85%	5,94	6,63	10,29%
	7,98	8,00	0,21%	8,01	7,98	0,42%	7,46	7,45	0,14%	7,60	7,46	1,79%
	12,12	11,89	1,94%	16,36	16,34	0,08%	11,79	11,97	1,47%	15,54	16,10	3,50%