

# Modelo de Simulación de Inventario basado en Algoritmo Optimización por Enjambre de Partículas (PSO) para minimizar costos por venta de productos perecederos

## Inventory Simulation Model based on Particle Swarm Optimization Algorithm (PSO) to minimize costs for the sale of perishable products

David Borbor-Murillo<sup>1</sup>, Geomayra Fajardo Jácome<sup>2</sup>, Lucrecia Sánchez-Holguín<sup>3</sup>, Lorenzo Cevallos-Torres<sup>4</sup> y Darwin Patiño Pérez

### RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo minimizar el costo de ventas del negocio "Fruta Bar", debido a los altos índices de pérdidas económicas por el desecho de materia prima dada su caducidad. Esta problemática surge a partir del manejo empírico que se le da al inventario, solicitando reabastecimiento cada determinado periodo de tiempo, pero sin prever la variación que podría surgir en el proceso de ventas, logrando así un excedente de materia prima que, al no ser utilizada durante su tiempo de vida, deberá ser desechada. Para cumplir la finalidad del estudio se desarrolla un modelo cuya implementación incluye el uso del Algoritmo PSO (Optimización por Enjambre de Partículas), dicho modelo simula la demanda de productos del 2020 tomando como referencia el volumen de ventas de los años 2017 al 2019. Los resultados reflejan la minimización de aproximadamente el 20% de los costos de ventas, además demuestran que los métodos metaheurísticos como el Algoritmo PSO, imitan comportamientos observados en la vida real y que, por estar relacionados a la Inteligencia Artificial, ofrecen una visión de lo que podría suceder a futuro.

**Palabras clave:** Predicción de ventas, Metaheurísticos, Algoritmo PSO, Costo de ventas, Inventario.

### ABSTRACT

The objective of this study is to minimize the cost of sales of the "Fruta Bar" business, due to the high rates of economic loss due to the disposal of raw material due to its expiration. This problem arises from the empirical management that is given to the inventory, requesting replenishment every certain period of time, but without anticipating the variation that could arise in the sales process, thus achieving a surplus of raw material that, not being used during its lifetime, it should be discarded. To fulfill the purpose of the study, a model is developed whose implementation includes the use of the PSO (Particle Swarm Optimization) algorithm, which stimulates the demand for products from 2020 taking as a reference the volume of sales from the years 2017 to 2019. Results reflect the minimization of approximately 20% of sales costs and also demonstrate that metaheuristic methods such as the PSO algorithm, imitate behaviors observed in real life and that, being related to Artificial Intelligence, offer a vision of what could happen in the future.

**Keywords:** Sales prediction, Metaheuristics, PSO algorithm, Cost of sales, Inventory.

**Fecha de recepción:** Septiembre 5, 2019.

**Fecha de aceptación:** Enero 14, 2020.

## Introducción

La importancia de este proyecto reside en conocer la rentabilidad de venta de jugos y batidos de "Fruta Bar" y de esta manera mejorar la producción y evitar daños del material utilizado y por consiguiente pérdidas monetarias. Lo anterior mencionado se debe al problema latente en la cadena de locales de venta de frutas y bebidas "Fruta Bar" en el cual el manejo de inventarios se realiza de manera empírica por parte de los empleados correspondiente al área de producción, por lo que el stock de los alimentos depende de la previsión intuitiva de los mismos trabajadores. De esta forma no se posee un control de la cantidad de fruta necesaria para la elaboración de los diferentes jugos que se ofrecen en el local y por consiguiente el no conocer con precisión la cantidad de materia prima necesaria para la elaboración de cada producto podría representar pérdidas económicas significativas para el local.

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: [david.borborm@ug.edu.ec](mailto:david.borborm@ug.edu.ec)

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: [geomayra.fajardoj@ug.edu.ec](mailto:geomayra.fajardoj@ug.edu.ec)

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: [lucrecia.sanchezh@ug.edu.ec](mailto:lucrecia.sanchezh@ug.edu.ec)

<sup>4</sup> Ing. en Estadística Informática, MSc. en Información Gerencial. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: [lorenzo.cevallost@ug.edu.ec](mailto:lorenzo.cevallost@ug.edu.ec)

<sup>5</sup> Ph.D. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: [darwin.patinop@ug.edu.ec](mailto:darwin.patinop@ug.edu.ec)

**Como citar:** Borbor-Murillo, D., Fajardo Jácome, G., Sánchez-Holguín, L., Cevallos-Torres, L., & Patiño Pérez, D. (2020). Modelo de Simulación de Inventario basado en Algoritmo Optimización por Enjambre de Partículas (PSO) para minimizar costos por venta de productos perecederos. *Ecuadorian Science Journal*. 4(1), 33-40. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.4.1.40>

En simulación, son interesante los estudios de algoritmos metaheurísticos a los que se recurren con la intención de aumentar la precisión de los pronósticos. Tal como lo reflejan Soria y Mamani (Quijaite & Apaza, 2014), que desarrollan un modelo analítico de abastecimiento de medicamentos basado en redes neuronales artificiales para optimizar el inventario de los medicamentos del sector privado de salud. El estudio obtiene como resultado la afirmación que el modelo de red neuronal artificial concurrente tiene mayor precisión frente a los modelos estadísticos. Sin embargo, para fin del estudio se hace uso de una herramienta denominada "OptQuest", que, a pesar de permitir la inclusión de diversos algoritmos, implica la selección de múltiples variables para su funcionamiento, volviendo complicado y extenso el proceso de la simulación, a diferencia de VBA (Visual Basic For Application) cuyo manejo y aplicación es más sencillo.

Sánchez (Isabel, 2017) brinda una metodología utilizando Simulación Monte Carlo y Lógica Difusa que permita pronosticar el comportamiento de la demanda, proponiendo una solución para el reabastecimiento de inventarios, dicho estudio solicitó opinión de expertos para comprobar la veracidad de los resultados obtenidos, sin embargo tal como lo describen en el artículo, la aplicación de Lógica Difusa a los inventarios da una aproximación de la cantidad de inventario necesaria, este valor no será el más óptimo pero sí el más probable. Dicho esto, se evidencia las ventajas que ofrece el algoritmo PSO, que se caracteriza por formar parte del grupo de métodos metaheurísticos utilizados para optimización, por ende, los resultados obtenidos con su aplicación contarán con mayor precisión.

López, González y Alcazar (López-Sánchez, González-Lara, & Alcazar-Corona, 2019) exponen la simulación del comportamiento de una empresa de manufactura a nivel de producción con el objetivo de generar una solución para uno de sus problemas más graves que es el desabasto del producto final para atender la demanda de los clientes, para ello se recopilaron datos históricos que se analizaron con el software estadístico R para determinar las distribuciones estadísticas. Posteriormente se desarrolló un programa simulador en el lenguaje C#, en el cual se realizaron diversos experimentos mediante los cuales se generaron resultados para su observación y análisis del comportamiento. A diferencia del enfoque y metodología que este estudio propone, el artículo citado inclina la simulación hacia un área de productos no perecederos, además de usar herramientas que necesiten un previo estudio y análisis previo a su uso para evitar obtener resultados errores.

Nicola, Morcela, Esteban y Mortara (Ignacio, Morcela, Esteban, García, & Mortara, 2012) midieron y analizaron el rendimiento de un nuevo modelo propuesto para la gestión de stock a partir de las necesidades de una empresa del sector PyMEs. El estudio se basó en el modelado de un sistema de simulación que contrasta el comportamiento de las ventas y la producción con las variables económicas y los indicadores de desempeño. Se analizó el comportamiento del sistema actual, estableciendo los parámetros de referencia. Luego se determinaron las distribuciones de las variables involucradas y se aplicaron los cambios propuestos con sus correspondientes parámetros. Conocidas las distribuciones, se simuló con el método de Montecarlo, se realizaron las validaciones de los resultados y se analizó la sensibilidad de las variables críticas, obteniendo: una reducción en el costo total esperado del inventario y un incremento en la utilidad esperada.

Escobar, Linfati y Adarme (Escobar, Linfati, & Adarme Jaimes, 2017) buscan mejorar la administración de inventarios para productos perecederos en compañías comercializadoras de pescado. El objetivo fundamental es encontrar la política de inventario con stock de seguridad para un modelo probabilístico que maximice la utilidad diaria, considerando que los productos son perecederos. Se propone una metodología basada en Simulación Montecarlo. Al finalizar se muestra la eficiencia y la efectividad de la propuesta basada en la maximización de utilidad neta esperada. Al igual que en el trabajo (Ignacio et al., 2012), en el (Escobar et al., 2017) se realiza la simulación de ventas mediante el método Montecarlo, el cual muestra ser eficiente. Sin embargo, este método se lo realiza de forma manual con la ayuda de una herramienta informática, en cambio con la aplicación de un algoritmo metaheurístico como el que se realizará en el presente trabajo, la optimización del problema se realiza de forma automática gracias al mismo.

Rodríguez (Rodríguez Lepineux & others, 2015) muestra la implementación de la simulación mediante la ayuda del software Promodel, como base para el proceso de confección de una prenda de vestir para la empresa Hincapié Sportswear, dedicada a la confección de ropa deportiva. En este trabajo se propone la cantidad óptima de rollos de tela que se debe tener en almacén de materia prima, según su capacidad de producción y demanda, con el fin de optimizar la cantidad de espacio. En comparación con el trabajo (Rodríguez Lepineux & others, 2015) donde se utilizó el software Promodel como tecnología para realizar la simulación, en el presente artículo se hizo uso de VBA (Visual Basic For Application). Los resultados de la simulación en Promodel son imprecisos además de que se requiere de varias corridas computacionales para realizar optimizaciones a diferencia de VBA el cual proporciona resultados más rápidos y con mayor precisión.

## Materiales y Métodos

La elaboración del presente proyecto se desarrolla en base a una serie de métodos y pasos a seguir, necesarios para obtener resultados positivos que permitan alcanzar los objetivos planteados. En primera instancia, se hace uso de la recolección de datos para posteriormente seleccionar las variables sujetas a estudio, las cuales se evalúan por medio de Stat::Fit, herramienta que permitirá analizar y determinar el tipo de distribución de probabilidad (Cevallos-Torres & Botto-Tobar, 2019a). La función encontrada es la que permite la simulación de la demanda durante los meses restante del año 2019. Finalmente, se aplica el algoritmo PSO a los datos previamente recolectados y generados para la simulación de la demanda en años futuros.

## Inventario

El inventario son activos disponibles para la venta o la producción de un negocio para su posterior comercialización, entre estos están: materias primas, productos en proceso y productos terminados (VELÁSQUEZ, 2015). Es decir, el inventario es una cantidad almacenada de materiales que serán utilizados para satisfacer las necesidades del mercado.

Los inventarios son parte importante en las empresas, independientemente del tipo de actividad económica que realice (Panchi-Mayo, Armas-Heredia, & Chasi-Solórzano, 2017), y su correcto control, es esencial para poder generar órdenes de compra de manera óptima y reducir el riesgo de sufrir pérdidas económicas en un tiempo determinado.

“Fruta Bar” maneja un inventario de materia prima, la cual es procesada y manipulada al momento del pedido de un producto. El negocio realiza un abastecimiento del inventario cada cierto periodo de tiempo, que consiste en la adquisición de variedades de frutas y azúcar con los que elaboran distintos tipos de jugos y batidos para su clientela.

### Modelo matemático de los Inventarios

Para la implementación de este modelo se realiza una serie de pasos, a continuación, se presenta la fórmula para el cálculo de pedido óptimo (Reino, 2014):

$$Q = \frac{\sqrt{2KD}}{g}$$

**Fuente:** Suarez María, Gestión de Inventarios: Una nueva fórmula de calcular la competitividad

Donde:

Q = Volumen óptimo de pedido

K = Coste de realización de un pedido

D = Volumen de la demanda

g = Coste anual de mantener almacenada una unidad de producto

Luego se procede a calcular el número de pedidos que se deben realizar al año:

$$\frac{360}{\text{Días de reposición}}$$

**Fuente:** Reino Cristina, Propuesta de un modelo de gestión de inventarios, caso ferretería Almacenes Fabián Pintado.

Posteriormente se realiza el cálculo del tiempo que existe entre dos pedidos:

$$T = \frac{360}{N}$$

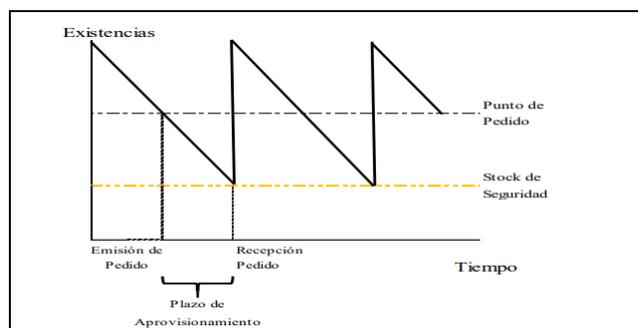
**Fuente:** Reino Cristina, Propuesta de un modelo de gestión de inventarios, caso ferretería Almacenes Fabián Pintado.

Una vez conocido el plazo de aprovisionamiento y el stock de seguridad, se realiza el cálculo del punto de pedido [10]:

Punto de pedido = Demanda estimada en el plazo de aprovisionamiento = demanda diaria \* plazo de aprovisionamiento.

$$\text{Demanda diaria} = \frac{\text{Demanda anual}}{360}$$

**Fuente:** Reino Cristina, Propuesta de un modelo de gestión de inventarios, caso ferretería Almacenes Fabián Pintado.



**Figura 1.** Representación gráfica del Movimiento de existencias.

**Fuente:** Reino Cristina, Propuesta de un modelo de gestión de inventarios, caso ferretería Almacenes Fabián Pintado.

### Recolección de datos

La recolección de datos es una actividad que consiste en la recopilación de información basada en un caso de estudio, es decir, la selección de dichos datos se da en base a lo que se desea analizar, permitiendo así su respectivo procesamiento para convertirlo en conocimiento útil. En la sección del caso de estudio se presenta los datos recolectados de las ventas correspondientes a los años 2017, 2018 y mitad del 2019, los cuales fueron utilizados para la simulación de este proyecto.

### Selección de la variable de estudio

La selección del objeto de estudio consiste en la elección de variables dentro de un grupo analizado. Como referencia de la investigación se seleccionó dos tipos de jugos: Naranja y maracuyá, para que, tras su posterior análisis y estudio, obtener el nivel de rentabilidad en “Fruta Bar”, simulando la cantidad de unidades que se venderán por producto a partir del mes de julio del año 2019 y así determinar la materia prima necesaria para satisfacer las necesidades del negocio.

### Stat:Fit

Stat:Fit es una herramienta de distribución de probabilidad utilizada para probar fácilmente el ajuste de los modelos estadísticos hipotéticos a los datos empíricos y para identificar la mejor distribución para un escenario determinado (Rivera, Brizuela, Oviedo, & Neves, 2015). Permite representar con precisión los procesos del mundo real, incluida su variabilidad e interdependencias inherentes para llevar a cabo un análisis predictivo (Cevallos-Torres & Botto-Tobar, 2019b). Generalmente es utilizado por analistas de simulación, que con frecuencia determinan las distribuciones apropiadas para cualquier número de eventos o actividades al azar.

El registro de ventas por día del producto seleccionado, serán ingresados al Stat:Fit con el fin de obtener una distribución de probabilidad que se asemeje o adapte a su comportamiento. Para objeto de estudio, se realizó el análisis de las distribuciones halladas para cada mes de ventas y se procedió a identificar las similitudes entre las mismas.

Mediante el uso de esta herramienta además de determinar la distribución ya sea para variables continuas o discretas, también se conoce otras medidas como es el caso de la media y la desviación, donde la media es el promedio aritmético de las observaciones y la desviación, el promedio del cuadrado de las

distancias entre cada observación y la media del conjunto de observaciones (Botero Rojas & others, 2013).

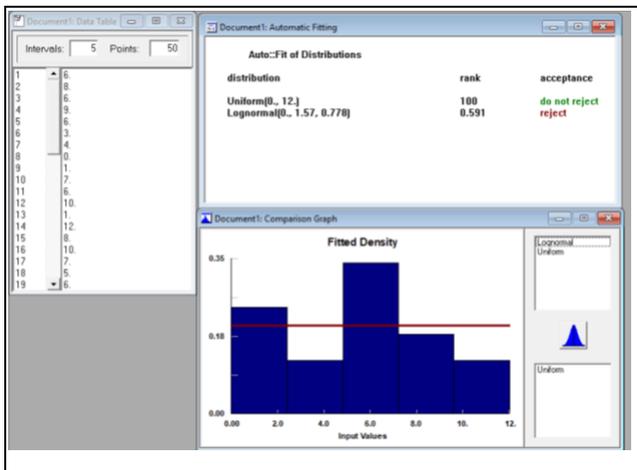


Figura 2. Resultado generado por el Stat::Fit.

En la Figura 1 se puede visualizar que la herramienta Stat:Fit generó la distribución de probabilidad Uniforme, como la indicada para conocer el nivel de éxito y fracaso de la venta de los productos a analizar.

### Simulación de Monte Carlo

La simulación consiste en la imitación de operaciones de un sistema respecto al tiempo, la cual puede ser utilizada como un instrumento de análisis para de esta forma predecir el efecto de cambios en los sistemas existentes, y para predecir el rendimiento de los nuevos sistemas bajo diferentes circunstancias [13]. La importancia de la simulación como método es que reproduce objetos reales cuando, debido a problemas de tiempo, recursos o seguridad, no es posible llevar a cabo la actividad en su entorno natural, con sus verdaderos componentes [14]. El método de Monte Carlo es una técnica de análisis numérico para simular, que se basa en el uso de una secuencia de números aleatorios, con el propósito de muestrear los valores correspondientes a las variables probabilísticas de un determinado problema [15]. A diferencia de la simulación normal, este consiste en la combinación de conceptos estadísticos con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos [16].

Mediante la aplicación de este tipo de simulación y el uso de la distribución de probabilidad, se busca determinar datos que representarán la demanda en ventas que obtendrá “Fruta Bar” en los meses posteriores a junio, con el fin de poder controlar el inventario y las ventas diarias durante los meses restantes del año 2019.

El método de simulación Monte Carlo, permite establecer los intervalos de confianza esperables para distintos umbrales de una variable, disminuyéndose el grado de incertidumbre [17].

**Algoritmo 1.** Pseudocódigo para la implementación del método de Montecarlo, con el uso de la distribución de probabilidad Uniforme.

```
SimuleDay()
i = 0;
j = 0;
x = 0;
ri = 0;
a = 0;
```

```
b = 15;
while i < 30
repeat
while j < 9
repeat
ri = (1 - 0) * rand + 0;
x = a + (ri * (b - a));
cells(i , j) = x
end while j
end while i
end SimuleDay
```

### Métodos metaheurísticos

Se puede definir a los métodos metaheurísticos como un proceso iterativo que combina de forma inteligente diferentes conceptos para explorar y explotar el espacio de búsqueda, brindando estrategias efectivas para encontrar soluciones aproximadas a los problemas de optimización [18].

En este proyecto, se necesitó de la elección de un algoritmo metaheurístico para asegurar la precisión de los datos simulados que reflejen la demanda de ventas de los años futuros que tendrá el negocio en estudio.

### Algoritmo PSO

La metaheurística PSO consiste en un algoritmo iterativo basado en una población de individuos denominada enjambre, en la que cada individuo, llamado partícula, se dice que sobrevuela el espacio de decisión en busca de soluciones óptimas [19]. En cada iteración del algoritmo se modifica la velocidad de las partículas y es actualizada por dos valores: el primero es la mejor solución que ha obtenido cada partícula y el otro valor es el mejor obtenido por cualquier partícula en toda la población [20].

PSO tiene la ventaja de proporcionar resultados muy rápido y se necesitan ajustar pocos parámetros, por lo que resulta atractivo para muchas áreas de aplicación e investigación tales como la optimización [18]. Con el uso de este algoritmo, se logra realizar una simulación que permita cumplir el objetivo de minimizar los costos de ventas de “Fruta Bar”.

**Algoritmo 2.** Pseudocódigo para la implementación del algoritmo PSO.

```
PsoOptimizar ()
i <- 0
j <- 0
h <- 0
solucion <-0
Call LeerParametros()
Call inicializar_particulas()
Para i=1 hasta numeroPart

FuncionObjetivo=Calcular_Funcio
n_Objetivo()
mdblf =
CalcularFuncionObjetivo(posición_particula
s, índice_funcion_utilizar)
Para i=1 hasta numeroPart
SI mdblf(j) < mdblfP(j, 0) entonces
mdblfP(j, 0) = mdblf(j)
para h = 1 hasta
numeroDimen
mdblfP(j, h) = mdblfX(j,
h)
siguiente h
```

```

fin si
  Siguiente j
  Call
  Mejor_social_global(mejor_iteracion)
  Call actualizar_mejor_resultado()
  solucion = solucion (1)
  para h = 1 hasta numeroDim
    Solucion(i) =
  mdblp(solucion(2), h)
  Next h
End With
Exit Sub
Exit Sub
End PsoOptimizar

```

## Fórmulas y nomenclaturas

### Distribución Uniforme para implementación del método MonteCarlo

La función de densidad de la distribución de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{b-a}$$

Dicha fórmula luego de hallar la transformada inversa da como resultado la siguiente distribución acumulada.

$$x = \frac{x-a}{b-a}$$

La función anteriormente mencionada es igualada a  $Ri$ , lo que permite obtener la fórmula despejada con la que se llevará a cabo la simulación de MonteCarlo.

$$x = a + Ri(b - a)$$

### Caso de estudio

El caso de estudio del presente trabajo se aplicó al negocio dedicado a la comercialización de jugos y batidos elaborados a base de frutas conocido como "Fruta Bar", el cual mantiene su volumen de producción a partir del año 2017, 2018, y mitad del 2019. Este negocio se caracteriza por su apariencia distintiva de estilo playero, además del buen prestigio debido a la calidad de sus productos finales.

El local ofrece a su clientela diversos jugos y batidos de diferentes frutas, así como también combinación de estos, siendo en total 30 opciones en el menú, aunque claramente no todos son requeridos con frecuencia por los clientes. La elaboración de estos jugos y batidos se realiza mediante el uso de materia prima, es decir, de frutas que son procesadas según los pedidos requeridos por el cliente en el local. Con respecto al stock de las frutas, "Fruta Bar" realiza pedidos de mercadería cada cierto tiempo sin saber con exactitud la cantidad a necesitar para la elaboración de jugos que ofrece el negocio. Es por esto que, al presentarse una baja de ventas de manera inesperada, el negocio se ve afectado económicamente por pérdidas de materia prima debido a su descomposición por la naturaleza de la misma.

Por esa razón "Fruta bar" requiere de una gestión de inventarios, para controlar de manera efectiva la entrada y salida de productos del stock, que le permita determinar cuál de sus productos ofrecidos, es aquel que posee mayores salidas, y a su vez poder identificar cuáles son los que, en lugar de generar ganancias, traen consigo pérdidas. En base a esa problemática se procedió a la recolección de los datos de ventas de jugos,

además de los registros de pedidos solicitados de materia prima, realizadas durante los años 2017 al 2019 hasta el mes de junio.

Esta selección de datos se realizó mediante el nivel de investigación exploratorio que consiste en estudios sin instrumentos de recolección para medición de variables [21].

**Tabla 1.** Tabla resumida de las ventas correspondientes al año 2017.

Tabla de resumen de ventas del año 2017					
	Limón	Sandía	Maracuyá	Coco	Naranja
Enero	178	167	189	196	179
Febrero	175	191	175	164	172
Marzo	203	195	195	169	190
Abril	152	161	171	149	188
Mayo	156	203	186	139	140
Junio	155	174	150	171	184
Julio	144	151	136	174	188
Agosto	162	204	151	182	223
Septiembre	180	178	195	186	170
Octubre	174	207	192	157	144
Noviembre	159	127	152	160	207
Diciembre	164	158	153	193	190
<b>Venta anual</b>	<b>2002</b>	<b>2116</b>	<b>2045</b>	<b>2040</b>	<b>2175</b>
<b>PVP</b>	<b>\$2,50</b>	<b>\$3,90</b>	<b>\$4,00</b>	<b>\$3,50</b>	<b>\$3,90</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 5.005,00</b>	<b>\$ 8.252,40</b>	<b>\$ 8.180,00</b>	<b>\$ 7.140,00</b>	<b>\$ 8.482,50</b>

En la Tabla 1, se reflejan los datos recolectados del año 2017 donde la demanda de venta indica que el producto más vendido durante ese periodo es el jugo de naranja, mientras que el que obtuvo menor salida fue el jugo de limón.

**Tabla 2.** Tabla resumida de las ventas correspondientes al año 2018.

Tabla de resumen de ventas del año 2018					
	Limón	Sandía	Maracuyá	Coco	Naranja
Enero	149	130	162	145	154
Febrero	139	143	139	187	142
Marzo	212	129	143	138	151
Abril	154	191	155	172	165
Mayo	159	175	150	173	174
Junio	125	154	140	176	191
Julio	181	193	159	188	151
Agosto	176	186	161	169	169
Septiembre	193	148	141	177	202
Octubre	168	109	163	172	156
Noviembre	176	172	137	150	187
Diciembre	165	164	173	164	200
<b>Venta anual</b>	<b>1997</b>	<b>1894</b>	<b>1823</b>	<b>2011</b>	<b>2042</b>
<b>PVP</b>	<b>\$2,50</b>	<b>\$3,90</b>	<b>\$4,00</b>	<b>\$3,50</b>	<b>\$3,90</b>
<b>Total</b>	<b>\$4.992,5</b>	<b>\$7.386,60</b>	<b>\$7.292,00</b>	<b>\$7.038,50</b>	<b>\$7.963,80</b>

En la Tabla 2, se reflejan los datos recolectados del año 2018 donde la demanda de venta indica que el producto más vendido durante ese periodo es el jugo de naranja, es decir, que mantuvo el comportamiento de ventas en comparación con el año anterior, por el contrario, el producto que obtuvo menor salida fue el jugo de maracuyá. En el caso del jugo de limón, la demanda

es similar al periodo anterior, sin embargo, está sobre la cantidad de ventas de los demás productos analizados.

**Tabla 3.** Tabla resumida de las ventas correspondientes al año 2019.

<b>Tabla de resumen de ventas del año 2019</b>					
	<b>Limón</b>	<b>Sandía</b>	<b>Maracuyá</b>	<b>Coco</b>	<b>Naranja</b>
Total enero	153	181	150	153	131
Total febrero	177	173	149	133	163
Total marzo	182	159	141	138	146
Total abril	130	124	144	158	123
Total mayo	198	180	165	183	157
Total junio	145	160	151	170	177
Total julio	281	239	238	192	220
Total agosto	204	225	222	246	242
Total septiembre	237	206	215	199	212
Total octubre	203	243	247	241	279
Total noviembre	162	259	269	227	237
Total diciembre	261	222	156	239	228
<b>Venta anual</b>	<b>2333</b>	<b>2371</b>	<b>2247</b>	<b>2279</b>	<b>2315</b>
<b>PVP</b>	<b>\$2,50</b>	<b>\$3,90</b>	<b>\$4,00</b>	<b>\$3,50</b>	<b>\$3,90</b>
<b>Total</b>	<b>\$5.832,50</b>	<b>\$9.246,90</b>	<b>\$8.988,00</b>	<b>\$7.976,50</b>	<b>\$9.028,50</b>

En la Tabla 3, se reflejan los datos recolectados del año 2019 donde se observa un alza de ventas de todos los productos, siendo el más solicitado el jugo de sandía y el de menor salida el de maracuyá. A diferencia del registro de los años anteriores, esta tabla está compuesta por datos reales desde el mes de enero hasta junio, y los meses restantes son el resultado de la simulación explicada más adelante en la sección de resultados.

En las tablas 4, 5 y 6 se reflejan los registros de compra durante los últimos 3 años de algunos de los ingredientes principales para

**Tabla 4.** Total de pedidos anuales de naranjas.

<b>Pedidos naranja</b>									
<b>Mes</b>	<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>Total de naranjas</b>	<b>Precio kilo</b>	<b>Total gasto</b>
	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>			
<b>Enero</b>	8	80	7	70	7	70	<b>1100</b>	\$1,50	<b>\$330,00</b>
<b>Febrero</b>	8	80	7	70	7	70	<b>1100</b>	\$1,50	<b>\$330,00</b>
<b>Marzo</b>	9	90	7	70	8	80	<b>1200</b>	\$1,50	<b>\$360,00</b>
<b>Abril</b>	9	90	8	80	6	60	<b>1150</b>	\$1,50	<b>\$345,00</b>
<b>Mayo</b>	7	70	8	80	7	70	<b>1100</b>	\$1,50	<b>\$330,00</b>
<b>Junio</b>	8	80	9	90	8	80	<b>1250</b>	\$1,50	<b>\$375,00</b>
<b>Julio</b>	9	90	7	70	11	110	<b>1350</b>	\$1,50	<b>\$405,00</b>
<b>Agosto</b>	10	100	8	80	11	110	<b>1450</b>	\$1,50	<b>\$435,00</b>
<b>Septiembre</b>	8	80	9	90	11	110	<b>1400</b>	\$1,50	<b>\$420,00</b>
<b>Octubre</b>	7	70	8	80	10	100	<b>1250</b>	\$1,50	<b>\$375,00</b>
<b>Noviembre</b>	10	100	7	70	10	100	<b>1350</b>	\$1,50	<b>\$405,00</b>
<b>Diciembre</b>	9	90	9	90	10	100	<b>1400</b>	\$1,50	<b>\$420,00</b>

**Tabla 5.** Total de pedidos anuales de maracuyá.

<b>Pedidos maracuyá</b>									
<b>Mes</b>	<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>Total de naranjas</b>	<b>Precio kilo</b>	<b>Total gasto</b>
	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>			
<b>Enero</b>	8	80	7	70	6	60	<b>1050</b>	\$2,00	<b>\$420,00</b>
<b>Febrero</b>	7	70	5	50	6	60	<b>900</b>	\$2,00	<b>\$360,00</b>
<b>Marzo</b>	6	60	6	60	6	60	<b>900</b>	\$2,00	<b>\$360,00</b>

el debido funcionamiento de “Fruta Bar”, mostrando así el dinero invertido durante el tiempo indicado.

Posteriormente se aplicará la implementación del algoritmo PSO (Optimización por Enjambre de Partículas), dicho modelo simulará la demanda de productos del 2020, tomando como referencia el volumen de ventas de los años 2017 al 2019. Con esta segunda metodología se obtendrá mejor optimización que en la primera simulación ya que al ser un modelo metaheurístico permite imitar comportamientos observados en la vida real además de ofrecer una visión más cercana a lo que podría suceder en un futuro.

La función objetivo que se utilizará para el algoritmo PSO es la siguiente:

$$Z_{min} = 3,90x_1 + 4x_2$$

Donde las incógnitas representan al jugo de naranja y de maracuyá, respectivamente, y los valores que las acompañan es el precio de venta de cada uno de los productos mencionado. Esta ecuación será optimizada según la restricción definida en el problema, la cual indica que:

$$Cantidad\ de\ ventas \geq cantidad\ de\ mes\ evaluado$$

Así mismo hace parte del algoritmo las variables que serán minimizadas, en este caso el costo de ventas. La restricción anteriormente mencionada cumple dos roles, es decir, que se aplica para cada producto teniendo la misma funcionalidad.

<b>Abril</b>	7	70	6	60	6	60	<b>950</b>	\$2,00	<b>\$380,00</b>
<b>Mayo</b>	6	60	6	60	6	60	<b>900</b>	\$2,00	<b>\$360,00</b>
<b>Junio</b>	6	60	6	60	6	60	<b>900</b>	\$2,00	<b>\$360,00</b>
<b>Julio</b>	6	60	6	60	9	90	<b>1050</b>	\$2,00	<b>\$420,00</b>
<b>Agosto</b>	6	60	7	70	10	100	<b>1150</b>	\$2,00	<b>\$460,00</b>
<b>Septiembre</b>	8	80	5	50	7	70	<b>1000</b>	\$2,00	<b>\$400,00</b>
<b>Octubre</b>	7	70	7	70	9	90	<b>1150</b>	\$2,00	<b>\$460,00</b>
<b>Noviembre</b>	6	60	5	50	9	90	<b>1000</b>	\$2,00	<b>\$400,00</b>
<b>Diciembre</b>	6	60	7	70	8	80	<b>1050</b>	\$2,00	<b>\$420,00</b>

**Tabla 6.** Total de pedidos anuales de azúcar.

<b>Pedidos azúcar</b>									
<b>Mes</b>	<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>Total de naranjas</b>	<b>Precio kilo</b>	<b>Total gasto</b>
	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>	<b>Pedidos</b>	<b>Kilos</b>			
<b>Enero</b>	12	36	10	30	10	30	<b>480</b>	\$1,50	<b>\$144,00</b>
<b>Febrero</b>	11	33	10	30	11	33	<b>480</b>	\$1,50	<b>\$144,00</b>
<b>Marzo</b>	12	36	10	30	11	33	<b>495</b>	\$1,50	<b>\$148,50</b>
<b>Abril</b>	11	33	11	33	9	27	<b>465</b>	\$1,50	<b>\$139,50</b>
<b>Mayo</b>	11	33	11	33	11	33	<b>495</b>	\$1,50	<b>\$148,50</b>
<b>Junio</b>	11	33	11	33	11	33	<b>495</b>	\$1,50	<b>\$148,50</b>
<b>Julio</b>	11	33	11	33	16	48	<b>570</b>	\$1,50	<b>\$171,00</b>
<b>Agosto</b>	12	36	11	33	15	45	<b>570</b>	\$1,50	<b>\$171,00</b>
<b>Septiembre</b>	11	33	12	36	15	45	<b>570</b>	\$1,50	<b>\$171,00</b>
<b>Octubre</b>	11	33	10	30	16	48	<b>555</b>	\$1,50	<b>\$166,50</b>
<b>Noviembre</b>	11	33	11	33	15	45	<b>555</b>	\$1,50	<b>\$166,50</b>
<b>Diciembre</b>	11	33	12	36	16	48	<b>585</b>	\$1,50	<b>\$175,50</b>

Mayo	162	168
Junio	177	151
Julio	240	227
Agosto	244	254
Septiembre	236	177
Octubre	218	229
Noviembre	231	209
Diciembre	220	213

## Resultados y Discusiones

De la lista de productos obtenida de la recolección de datos, se eligió dos como referencia, tomando así al jugo de naranja y maracuyá. Del registro de ventas anual de los años analizados, se seleccionó los datos de los cinco primeros días del mes de todos productos. El ingreso de los datos recolectados del producto a la herramienta Stat::Fit determinó que las ventas seguían el comportamiento de la distribución Uniforme.

Partiendo de los datos recolectados se realiza la simulación de los 6 meses restantes del año 2019, mediante el uso de la función de distribución de probabilidad para completar los 3 años de datos históricos. El resultado de dicha simulación se puede visualizar en las tablas anteriormente analizadas, donde además se puede ver que los valores arrojados están muy cercanos a los originales, es decir, que el comportamiento de las ventas no sufrió ninguna alteración. Tomando como referencia el registro de los últimos 3 años de ventas se realiza la aplicación del algoritmo PSO, para determinar la demanda del año 2020.

**Tabla 7.** Simulación de ventas del año 2020.

	<b>Ventas mensual 2020</b>	
	<b>Naranja</b>	<b>Maracuyá</b>
Enero	137	152
Febrero	167	156
Marzo	152	142
Abril	128	147

A partir de los datos obtenidos en la tabla 7, se puede predecir la cantidad de materia prima que se debe solicitar para así evitar el desperdicio de frutas. Es decir que si en el mes de enero se

venderán 137 jugos de naranja y sabiendo que para cada jugo se necesitan 2 unidades de la fruta, entonces se necesitará de 274 naranjas. Se conoce que cada kilo equivale a 5 frutas, de esta

manera se puede concluir que “Fruta Bar” deberá solicitar la compra de aproximadamente 55 kilos de frutas durante el mes analizado para satisfacer la demanda.

Este resultado en comparación con el registro de compra de años anteriores evidencia la optimización proporcionada por el algoritmo PSO y la minimización de sus costos. Para demostración de efectividad del algoritmo, se toma como referencia el volumen de ventas del mes de enero del 2019 donde se vendieron 131 jugos, aplicando el mismo análisis que el ejemplo anterior, se concluye que se necesitó aproximadamente de 53 kilos de materia prima. Sin embargo, el personal encargado del abastecimiento del inventario realizó el pedido de 70 kilos de fruta que al no utilizarse debió ser desechada.

## Conclusión

A partir de la información obtenida mediante la recolección de datos en el local de ventas de frutas, jugos y batidos “Fruta Bar” se realizó un estudio basado en el modelado de un sistema de simulación que imita las futuras ventas de productos en un tiempo determinado.

Como primer paso se analizó el comportamiento de la información recolectada, estableciendo parámetros de referencia. Luego se procedió a determinar la distribución de los datos involucrados. Posteriormente, se simuló mediante el método de Montecarlo las ventas que podrían darse en los siguientes meses a partir del mes de junio del año 2019. Finalmente se implementó el uso del algoritmo Optimización por Enjambre de Partículas para simular las ventas del siguiente año, 2020 y de esta forma conocer con mayor precisión las futuras ventas.

Esta investigación expone que en “Fruta Bar” los productos más vendidos inicialmente eran los jugos de limón, sandía y maracuyá. Una vez generada la simulación de los demás meses se obtuvo que las posibles mayores ventas seguirían siendo de los mismos productos.

Se pudo constatar también que hay productos que no tienen mucha aceptación por parte de la clientela como lo es el batido de frutilla, por lo que podría representar pérdidas para la empresa empezando por la descomposición de los alimentos y finalmente para la economía de esta. Para este local sería recomendable mantener la venta de los 3 jugos más vendidos y prever el stock suficiente para su elaboración, así como también disminuir el stock de las frutas que no son muy utilizadas. El abastecimiento del inventario se puede contrarlar mediante el uso de algoritmo PSO, que con los datos que este genera se obtendrá reducir la cantidad de pedidos y a su vez minimizar el 20% de los costos de ventas.

## Referencias Bibliográficas

- Botero Rojas, N., & others. (2013). *Metodología para la solución de un caso empresarial del sector manufacturero a través de la simulación*. Universidad Ean.
- Cevallos-Torres, L., & Botto-Tobar, M. (2019a). Case study: Logistical behavior in the use of urban transport using the monte carlo simulation method. In *Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation* (pp. 97–110). Springer.
- Cevallos-Torres, L., & Botto-Tobar, M. (2019b). Case study: Probabilistic estimates in the application of inventory models for perishable products in SMEs. In *Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation* (pp. 123–132). Springer.
- Escobar, J. W., Linfati, R., & Adarme Jaimes, W. (2017). Gestión de Inventarios para distribuidores de productos perecederos. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 219–239.
- Ignacio, J., Morcela, O., Esteban, A., García, N., & Mortara, V. (2012). Medición del Rendimiento Esperado de un Nuevo Modelo de Gestión de Stock Mediante Simulación Monte Carlo. In *I Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2012-VII Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería CAEDI 2012*.
- Isabel, S. L. M. (2017). *Estudio de los factores que inciden sobre la gestión de inventarios en las PYMES mediante el uso de lógica difusa y simulación Montecarlo*. Universidad De Guayaquil. Facultad De Ciencias Matemáticas Y Físicas.
- López-Sánchez, A. Y., González-Lara, A. L., & Alcaraz-Corona, S. (2019). Simulación para la optimización de la producción de ejes en la línea de ensamblaje de una empresa de manufactura. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 20(1), 0.
- Panchi-Mayo, V. P., Armas-Heredia, I. R., & Chasi-Solórzano, B. F. (2017). Los inventarios y el costo de producción en las empresas industriales del Ecuador (revisión). *Roca. Revista Científico-Educacional de La Provincia Granma*, 13(4), 254–264.
- Quijaite, J. J. S., & Apaza, G. M. (2014). Modelo de Simulación de Inventario basado en Redes Neuronales Artificiales Supervisadas y Algoritmos Genéticos para Optimizar el Stock de Medicamentos de la Clínica Ricardo Palma. *REVISTA CIENTÍFICA INGETECNO*, 2(1).
- Reino, C. (2014). *Propuesta de un modelo de gestión de inventarios, caso ferretería almacenes Fabián Pintado*.
- Rivera, J. J., Brizuela, L. G., Oviedo, M. E., & Neves, G. A. Das. (2015). Probabilidades de beneficio en la cotización del suministro de mezcla asfáltica mediante simulación de Monte Carlo. *Revista Cubana de Ingeniería*, 6(2), 35–41.
- Rodríguez Lepineux, J. C., & others. (2015). Propuesta de un modelo de optimización de inventarios. Caso específico Empresa Hincapie Sportswear.
- VELÁSQUEZ, G. (2015). Propuesta de un sistema de administración de inventarios en la comercializadora y reparadora de calzado recordcalza cia. Ltda. *Ingeniería En Contabilidad y Auditoría*.