

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA CON MENCIÓN DE LA CALIDAD Y  
PRODUCTIVIDAD”**

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE NIVELES ÓPTIMOS DE FACTORES QUE  
INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FLOR DE SAL MEDIANTE UN  
MODELO ESTADÍSTICO**

AUTOR:

**JAVIER ANDRES PIZARRO RUIZ**

Guayaquil - Ecuador

2020

## Resumen

En la presente investigación se analizan los rendimientos en la producción de Flor de sal en relación a las diversas condiciones ambientales y operativas que inciden en la producción, esta actividad es realizada por una empresa ubicada en las salinas de la península de Santa Elena. El proceso se realiza mediante la evaporación solar, sin embargo, durante los cambios de estaciones, la variabilidad en las condiciones climáticas y la mala manipulación en piscinas, se afectan los niveles de salinidad y densidad de la salmuera para la formación de la flor de sal. Con la finalidad de conocer los niveles más óptimos, se procesan los datos a través del programa estadístico R Studio para obtener el modelo de regresión lineal multivariante, prueba de normalidad, estadísticas descriptivas, y matriz de correlación entre las variables de estudio. De acuerdo a los resultados obtenidos en el ajuste del modelo de regresión lineal multivariante, se pudo conocer que las variables más influyentes en la cosecha de flor de sal son: la evaporación de salmuera, la humedad relativa y la gravedad específica, con niveles óptimos de: 0,38cm, 73,76% y 1.270, respectivamente. Las demás variables, aunque menos influyentes igual forman parte importante de la producción, tal y como se muestra en los resultados del análisis estadístico descriptivo realizado; finalmente, se realiza un diagrama de causas y efectos detallando los errores en la manipulación de la flor de sal, lo que debe ser observado por la gerencia para sumar valor y calidad al producto final.

Palabras claves: Flor de Sal, Producción, Niveles óptimos, Calidad, Software Estadístico.

## **ABSTRACT**

In the present research we have analyzed the yields for the production of the flower of salt in relation of the different kinds of environmental and operational conditions that affect the production, this activity is made by a company located in Salinas, Santa Elena peninsula. This process is performed by the solar evaporation, however during the changes of the seasons, the climate variability and the bad manipulation of the pools, the levels of sanity and density of the brine are affected for the formation of the flower of salt. In order to improve to an optimal level, the data is process through the statistical program, R Studio, to get a multivariate lineal regression model, normality test, descriptive statistics and correlation matrix between the variables that have been studied. Regarding the results of the adjustment of the multivariate lineal regression model, the most influential variables of the crop for the flower of salt are: brine evaporation, the relative humidity and the specific gravity, with optimal levels of: 0.38cm, 73.76% and 1,270, respectively. The other variables which are slightly less influential are still an important part of the production, as represented in the results of the descriptive statistical analysis made; finally a cause and effect diagram is made showing the details of the mistakes in the manipulation of the flower of salt, which needs to be observed by the management to add value and quality to the final product.

Key words: Flor de Sal, Production, Optimal levels, R studio

## DEDICATORIA

*A mis padres, esposa e hijos, quienes han sido mi soporte y mi fortaleza para alcanzar cada meta que a lo largo de mi vida profesional y personal que me he trazado. Principalmente a Dios por ser el pilar fundamental de nuestras vidas y la luz a lo largo de este sendero que nos permite disfrutar juntos de la culminación de esta gran etapa, con la satisfacción de haber cumplido mi misión.*

JAVIER ANDRES PIZARRO RUIZ

## **AGRADECIMIENTO**

*A nuestro creador por mantenerme con salud y fortaleza para poder llevar a cabo  
las metas que me he ido trazando,  
A mis padres, esposa e hijos que confían y apoyan cada una de las decisiones que  
he tomado siendo mi complemento al momento de llevar a cabo una tarea.*

*Al Sr. Francisco Javier Pizarro Valdez, Gerente de Operaciones de ECUASAL C.A.  
y al Sr. Nicolas Febres-Cordero Gerente General de ECUASAL C.A. por darme la  
oportunidad de desarrollar el tema de mi Proyecto dentro de las instalaciones de la  
compañía que dirige,  
Al Ing. Enrique Yépez Superintendente de Planta y al personal administrativo de la  
planta en las instalaciones de Salinas y Pacoa.*

**JAVIER ANDRES PIZARRO RUIZ**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

A handwritten signature in blue ink, reading "Javier Pizarro", is centered on a white background. The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'J'.

**JAVIER ANDRES PIZARRO RUIZ**

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

María Nela Pastuizaca Fernández, Ph.D.  
PRESIDENTE



---

Sandra García Bustos, Ph.D  
DIRECTOR



---

Johny Pambabay Calero, Ph.D.  
VOCAL 1



---

Ing. Francisco Moreira Villegas  
VOCAL 2

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

TABLA DE CONTENIDO .....	VIII
LISTADO DE FIGURAS .....	XI
LISTADO DE TABLAS .....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1.    Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Descripción del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Hipótesis .....	5
1.5 Alcance .....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. Marco Teórico.....	6
2.1 Generalidades de la flor de sal .....	6
2.2 Propiedades de la flor de sal.....	7
2.3 Importancia de la flor de sal .....	8
2.4 Beneficios de la flor de sal .....	9
2.5 Uso Alimenticio .....	10
2.6 Proceso productivo para la obtención de flor de sal.....	11
2.7 Factores que influyen en la producción de Flor de Sal .....	12
2.8 Estándares ideales de composición de la Flor de Sal.....	14
2.9 Producción de Flor de Sal en algunos países .....	15
2.10 Variedades en la comercialización de la Flor de la Sal.....	16
2.11 Modelización estadística .....	17
2.12 Uso de los Modelos Estadístico .....	17
2.13 Tipos de Modelos Estadísticos .....	18
2.14 Variables Dependientes y explicativas .....	21
2.15 Software Estadístico R.....	21
2.16 Ventajas del Software Estadístico R.....	22
CAPÍTULO 3.....	23
METODOLOGÍA.....	23

3.1 Ubicación de la empresa.....	23
3.2 Política Integral de la empresa.....	24
3.3 Productos de la empresa .....	24
3.4 Información Técnica de Flor de Sal .....	25
3.5 Descripción del proceso de producción de la Flor de Sal .....	26
3.5.1 Producción de Flor de Sal.....	26
3.5.2 Cosecha de Flor de Sal.....	26
3.5.3 Piscina Flor de Sal .....	27
3.6 Descripción del proceso de estudio realizado .....	28
3.7 Determinación de variables y atributos.....	29
3.8 Modelo de Regresión Lineal .....	29
3.9 Prueba de Normalidad .....	29
3.10 Datos promedios obtenidos en las observaciones de las variables .....	30
3.10.1 Promedio de la temperatura durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019 ...	31
3.10.2 Promedio de la gravedad específica durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019.....	32
3.10.3 Promedio de la humedad relativa durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019 .....	33
3.10.4 Promedio de la evaporación de salmuera durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019 .....	34
3.10.5 Promedio de la radiación solar durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019	35
3.10.6 Promedio de la velocidad del viento durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019.....	36
CAPÍTULO 4.....	38
Resultados.....	38
4.1. Correlación de las variables de estudio .....	39
4.1.1 Correlación de la Cosecha & Gravedad Específica Año 2019.....	39
4.1.2 Correlación de la Cosecha & Temperatura Promedio Año 2019.....	40
4.1.3 Correlación de la Cosecha & Humedad Relativa Promedio Año 2019.....	42
4.1.4 Correlación de la Cosecha & Evaporación de Salmuera Año 2019 .....	43
4.1.5 Correlación de la Cosecha & Radiación Solar Promedio Año 2019 .....	44
4.1.6 Correlación de la Cosecha & Velocidad del viento Año 2019.....	45
4.2 Análisis Estadístico Descriptivo de las variables de estudio .....	46
4.3 Comportamiento mensual de la variable de respuesta y cada una de las variables predictoras. ....	49
4.3.1 Relación cosecha y Temperatura Año 2019 .....	49
4.3.2 Relación cosecha y humedad relativa Año 2019 .....	50

4.3.3 Relación Cosecha y Evaporación de Salmuera Año 2019 .....	51
4.3.4 Relación Cosecha y Radiación Solar Año 2019.....	52
4.3.5 Relación Cosecha y viento velocidad km/h Año 2019 .....	53
4.3.6 Relación Cosecha y Viento Recorrido km.día Año 2019 .....	54
4.3.7 Días con mayor producción en los meses y el comportamiento de las variables .....	55
4.4 Modelo de Regresión Lineal Múltiple .....	56
4.4.1 Prueba de Normalidad – Shapiro.test.....	58
4.4.2 Prueba de Normalidad a Residuos– Shapiro.test .....	59
4.5 Causas que provocan errores en la manipulación de la salmuera y extracción de la Flor de Sal. ....	60
CAPÍTULO 5.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	69
APENDICES.....	73

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 2.1</i> Parámetros - Regresión Lineal Positiva .....	19
<i>Figura 2.2</i> Parámetros - Regresión Lineal Negativa .....	19
<i>Figura 2.3</i> Parámetros – Ausencia de relación.....	19
<i>Figura 3.4</i> Ubicación de la empresa productora de sal.....	23
<i>Figura 3.5</i> Dimensiones Piscina Flor de Sal.....	27
<i>Figura 3.6</i> Promedio Temperatura °C periodo enero 2019 a diciembre 2019.....	31
<i>Figura 3.7</i> Promedio Gravedad Específica periodo enero 2019 a diciembre 2019.....	32
<i>Figura 3.8</i> Promedio Humedad % periodo enero 2019 a diciembre 2019.....	33
<i>Figura 3.9</i> Promedio de la Evaporación de Salmuera durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019 .....	34
<i>Figura 3.10</i> Promedio de la Radiación periodo enero 2019 a diciembre 2019.....	35
<i>Figura 3.11</i> Viento Velocidad km/h periodo enero 2019 a diciembre 2019 .....	36
<i>Figura 3.12</i> Viento Velocidad del viento km.día - periodo enero 2019 a diciembre 2019 ...	37
<i>Figura 4.13</i> Cosecha & Gravedad Específica Año 2019 .....	40
<i>Figura 4.14</i> Cosecha & Temperatura promedio Año 2019.....	41
<i>Figura 4.15</i> Cosecha & Humedad Relativa Año 2019.....	42
<i>Figura 4.16</i> Cosecha & Evaporación de Salmuera Año 2019.....	43
<i>Figura 4.17</i> Cosecha & Radiación Solar Año 2019 .....	44
<i>Figura 4.18</i> Cosecha & Velocidad del Viento Año 2019.....	45
<i>Figura 4.19</i> Relación Cosecha y Temperatura Año 2019 .....	49
<i>Figura 4.20</i> Relación Cosecha y Humedad Año 2019 .....	50
<i>Figura 4.21</i> Relación Cosecha y Evaporación de Salmuera Año 2019 .....	51
<i>Figura 4.22</i> Relación Cosecha y Radiación Solar Año 2019 .....	52
<i>Figura 4.23</i> Relación Cosecha y Velocidad del Viento Año 2019.....	53
<i>Figura 4.24</i> Relación Cosecha y Viento recorrido km/día Año 2019 .....	54
<i>Figura 4.25</i> Plot Residuos obtenidos .....	59
<i>Figura 4.26</i> Diagrama de Causas y efectos en el tratamiento y cosecha de flor de sal.....	61
<i>Figura 5.27</i> Piscinas .....	69
<i>Figura 5.28</i> Espacios de trabajo desordenados .....	69
<i>Figura 5.29</i> Piscinas Flor de Sal (1).....	70
<i>Figura 5.30</i> Piscinas Flor de Sal (2).....	71
<i>Figura 5.31</i> Piscinas Flor de Sal (3).....	71
<i>Figura 5.32</i> Cosecha de Flor de Sal .....	72

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1 .....	8
Tabla 2.2 .....	14
Tabla 3.3 .....	25
Tabla 3.4 .....	29
Tabla 3.5 .....	31
Tabla 3.6 .....	32
Tabla 3.7 .....	33
Tabla 3.8 .....	34
Tabla 3.9 .....	35
Tabla 3.10 .....	36
Tabla 3.11 .....	37
Tabla 4.12 .....	49
Tabla 4.13 .....	50
Tabla 4.14 .....	51
Tabla 4.15 .....	52
Tabla 4.16 .....	53
Tabla 4.17 .....	54
Tabla 4.18 .....	55
Tabla 4.19 .....	58
Tabla 5.20 .....	63
Tabla 5.21 .....	63

# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

Los procesos de producción pueden variar dependiendo de la actividad a la que se dedique la empresa, sin embargo, independientemente del proceso o tipo de producción, es importante que la calidad sea una característica del proceso. La calidad debe estar presente a lo largo de todo el proceso de producción, para garantizar que el producto final cumpla con las especificaciones requeridas y la satisfacción de los clientes. Por lo tanto, la importancia de la calidad en los procesos de producción forma parte fundamental del éxito o fracaso de las empresas, proporciona confianza en los clientes o consumidores y asegura la eficiencia en la producción.

Las empresas dedicadas a la extracción y comercialización de la sal deben utilizar los mecanismos adecuados para lograr procesos de producción efectivos que garanticen la calidad del producto ofrecido para distintos fines o usos. La producción de sal en el Ecuador es una actividad importante que con gran énfasis se desarrolla en la región costa del país, siendo una actividad que ocupa un lugar relevante en la zona costera de Salinas, donde la explotación comprende desde Mar Bravo hasta el Sur de Salinas. Si bien Ecuador no es un país exportador de sal, se ha dado la oportunidad de enviar materia prima sin refinar como el cloruro de sodio hacia el mercado de Perú, pero en pocas cantidades (Quinapallo & Ochoa, 2019).

La producción de la flor de sal forma parte de la biodiversidad en el sistema ecológico ecuatoriano, siendo un producto que sin mayores procesamientos tecnológicos forma parte de los alimentos de muchas familias agregando valor alimenticio. La Flor de Sal es un producto que resulta de la evaporación del agua salada que bajo ciertas condiciones atmosféricas da como resultado el producto.

Los factores que influyen en la producción de la flor de sal son diversos, sin embargo, en el presente estudio se hace referencia a la temperatura, la evaporación, la gravedad específica, la humedad, la radiación y la velocidad del viento, siendo los factores más influyentes en la producción de la flor de sal. Se

realiza un análisis del comportamiento de los factores mencionados durante todo el año 2019, diariamente se han tomado las lecturas y los datos de los factores con la finalidad de conocer los valores que forman parte de los niveles más altos de producción durante el año señalado, sin embargo, es importante acotar que se toma muestra por conveniencia relacionando solo los datos obtenidos en los días donde se dio cosecha de la flor de sal.

Para conocer el comportamiento estadístico de los factores según datos estadísticos, se ha utilizado el Programa Estadístico R versión 3.6.3, a través del cual se ha logrado estimar la correlación, los mínimos y máximos, cuartiles, mediana, media; asimismo, se ha realizado la representación gráfica en diagramas de Pareto del comportamiento mensual de la variable de respuesta con respecto a las predictoras, con la finalidad de brindar una información más comprensible al usuario.

De igual manera, se ha precisado algunas causas que provocan errores en la manipulación y tratamiento de la flor de sal, con el propósito de mejorar la calidad del producto, por lo tanto, se muestra un diagrama de causa y efecto para mayor comprensión del punto señalado.

Los programas estadísticos ayudan a obtener datos más específicos sobre el comportamiento de las variables, en el presente caso el programa utilizado ha permitido conocer la interrelación de los factores mencionados con la producción y la cosecha obtenida diariamente según los datos recopilados en el transcurso del año 2019.

La estadística es una ciencia fundamental en la gerencia empresarial, y por ende debe ser considerada totalmente si se busca fomentar la productividad y la calidad en los procesos que realizan las empresas, independientemente de la actividad que desempeñen. En la actualidad, las empresas pueden mostrarse más competitivas en la medida en que incorporen a sus equipos de trabajo herramientas tecnológicas, a lo que debe unirse programas estadísticos que conllevan a la obtención de datos más precisos que sirven de orientación para encaminar las acciones a mejorar la calidad de los procesos y la producción.

## 1.1 Antecedentes

Con respecto a investigaciones realizadas en torno al tema de la flor de sal, se ha consultado artículo presentado por Muerza (2011) el cual lleva por título “Flor de Sal, un alimento doblemente ecológico”, en el mismo menciona que la flor de sal es un producto alimenticio que reúne características importantes y únicas. La Flor de Sal es un ejemplo de efecto en la biodiversidad de los ecosistemas, importante para los seres humanos; las propiedades de esta sal y la capacidad de potenciar los sabores alimenticios, se convierten en características demandadas por miles de personas en el mundo.

El autor, indica que cuando existen espacios naturales protegidos, las características de la flor de sal se profundizan y benefician, adquiriendo mayores propiedades, al respecto explica que cuando se da una gran diferencia en las temperaturas de la salmuera, se crean unas láminas de cristales que flotan. Esta investigación aporta información relevante para el presente estudio, por mostrar en su contenido estrechamente vinculado a la flor de sal y describe las características (Muerza, 2011)

Se hace referencia a investigación realizada por Rodríguez, Ybonet, & Quesadas (2017), titulada “Modelo de Pronóstico para la Producción de Sal”, en la investigación realizan un estudio de la evaporación como método más utilizado en la producción de la Flor de Sal, del mismo modo indican que las variables meteorológicas evaporación y precipitación juegan un papel fundamental en la producción.

Los autores realizan un estudio correlacional aplicado al método de evaporación y al método de precipitación, y concluyen que si es posible aplicar un método matemático que contribuya a precisar factores determinantes en la producción de sal mediante análisis estadísticos, incluso métodos que pueden ayudar a mejorar la acción de los cambios climáticos.

En este mismo orden de ideas, se consulta investigación realizada por Luna, Bórquez y Villa (2015), titulada Perspectivas sobre la producción de sal y la economía de la región ante escenarios de cambio climático; la investigación aporta excelente información para el presente estudio, fue realizado específicamente en el complejo lagunar Ojo de Liebre se localiza en la porción

noroccidental del estado de Baja California Sur. En la zona la Empresa ESSA la cual se dedica a la producción de sal marina a cielo abierto, las características de la zona dan paso a un alto índice de evaporación.

La evaporación es uno de los métodos comúnmente utilizados para la producción de la Flor de Sal, algunas zonas del mundo ofrecen mayor ventaja por la alta evaporación que pueda darse y las condiciones climáticas sin duda inciden considerablemente. Los autores indican que la región donde se ha realizado el estudio, tiene características ventajosas en el clima, y puede ser un eslabón importante en el crecimiento económico, social y turístico de la zona.

## **1.2 Descripción del problema**

La empresa donde se realiza el estudio es una productora de sal desde el año 1950, y en el transcurso del tiempo ha desarrollado distintos métodos para mitigar la influencia del factor climático hasta en un 20% en la producción de sal en grano. Algunos de los avances han sido los siguientes:

1. Cambios topográficos para circulación de salmuera por gravedad.
2. Disminución de la mezcla de salmuera con agua dulce debido a precipitaciones pluviales por medio de implementación de compuertas en las piscinas para expulsión de agua dulce.
3. Circulación de salmuera para oxigenación.
4. Implementación de bombes intermedios para acelerar la circulación de salmuera.
5. Cambio en los niveles óptimos de evaporación de salmuera.

A partir del año 2014 se comienza en la elaboración de un nuevo producto denominado flor de sal, cuyo proceso de extracción se lo realiza de manera artesanal y es independiente al de la producción de sal en grano. La flor de sal es un producto que se caracteriza por poseer características beneficiosas a la salud y es utilizada por sus grandes aportes minerales.

En la actualidad, la empresa ha tenido inconvenientes que han afectado la producción de la flor de sal, donde los factores climáticos han incidido considerablemente, así como también el poco conocimiento que se tiene sobre la manipulación en la cosecha de la flor de sal por parte de los asistentes de

planta que laboran en la empresa. Por lo antes mencionado, al variar la temperatura del aire, la humedad, la evaporación, la radiación solar y la velocidad del viento, la producción de flor de sal se ve afectada, ocasionando una pérdida para la empresa. De esta manera es de interés para el investigador determinar las condiciones más adecuadas para mejorar la producción de flor de sal a través de un estudio estadístico de las variables.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar la producción de flor de sal para detectar los mejores niveles de los factores que inciden en la producción.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar modelización estadística para identificar los factores que afectan la producción de flor de sal, mediante un modelo de regresión lineal.
- Realizar un análisis estadístico descriptivo de las variables de estudio.
- Determinar las causas que provocan errores en la manipulación de salmuera y extracción de la flor de sal en los pozos.

### **1.4 Hipótesis**

- Se puede optimizar la producción de la flor de sal si se mejoran los niveles de los factores que inciden en dicha producción.

### **1.5 Alcance**

El estudio se realiza en la planta de producción de sal en Salinas en la provincia de Santa Elena cantón Salinas. Se recogen diariamente datos influyentes en la producción de flor de sal como temperatura, humedad, evaporación, radiación solar, velocidad del viento, a través de lecturas tomadas en una estación meteorológica para analizar el comportamiento climático como de las variables de estudio, en un periodo de 12 meses, de enero a diciembre del 2019 período en el cual se presentan varios escenarios climáticos.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. Marco Teórico**

#### **2.1 Generalidades de la flor de sal**

La Flor de Sal es la capa fina de cristales salinos que se forman en la superficie de los cristalizadores; son frágiles micro cristales que se componen de distintas sales (Flor Delta, 2015, p. 1). Estas sales se recolectan tanto en forma sistematizada como manual, secados al sol y posteriormente envasados en distintas presentaciones. La Flor de Sal se caracteriza por ser 100% natural, sin aditivos ni productos adicionales, de allí parte la pureza y preferencia en el uso de alimentos y la gastronomía.

La Flor de Sal:

Es una forma de sal pura, recolectada según técnicas muy tradicionales en Europa, cuyo origen es marino. Se produce a la caída del sol, por contraste térmico, debido al enfriamiento de la salmuera que reduce su solubilidad y propicia la precipitación (cristalización) masiva de pequeños cristales de sal que, debido a la densidad de la salmuera quedan en superficie formando una especie de telo. (Ecured, 2018, p. 1)

Del mismo modo, la Flor de sal es diferente a otras sales tanto en forma como en estructura, se obtiene mediante el proceso de evaporación del agua de una solución salada en una superficie. De gran uso en la gastronomía y consumo común, se caracteriza por agregar intensidad de sabor a las comidas y se puede obtener en distintas presentaciones (Cocinista, 2017).

Algunas presentaciones de la flor de sal pueden ser ahumadas y de distintos colores, a través del carbón vegetal se puede hacer una presentación negra de las sales en escama; los fabricantes a nivel mundial emplean la creatividad para ofrecer diversas formas de presentación de la sal reforzando sus características, y en la mayoría de los casos la intención es realzar un añadido gourmet a los platos y comidas, en estética y textura (Cocinista, 2017).

## **2.2 Propiedades de la flor de sal**

Seijo (2014) describe la flor de sal y sus componentes, el menciona que la flor de sal está formada por Cloruro de sodio, Cloruro de Magnesio, Cloruro Potásico y contiene gran parte de los oligoelementos necesarios para el consumo humano. El tamaño de grano ronda los 3mm, de color blanco puro, ligeramente gris o rosácea; la flor de sal no se apelmaza y a diferencia de otras sales, se disuelve fácilmente y tiene un sabor más suave. De hecho, la flor de sal es 100% natural y se forma durante las primeras etapas de concentración en las salinas, cuando se forman unos pequeños cristales muy finos en la superficie del agua. Estas primeras escamas es lo que se denomina la flor de sal (Seijo, 2014).

La flor de sal contiene importantes cantidades de sales cálcicas y magnésicas, consideradas beneficiosas para el organismo, del mismo modo la flor de sal se distingue por el sabor gracias a que se forma la salmuera en su superficie, donde se encuentra en profusión una micro-alga de color rosado (Muerza, 2011).

En el Ecuador las características de la flor de sal son establecidas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (1970), el cual indica en la norma NTE INEN 2982, que se aplica a la flor de sal obtenida por la evaporación del agua del mar, refiere los siguientes requisitos:

### **Requisitos generales:**

- La flor de sal es un producto que no sufre ni lavado, ni proceso industrial alguno. La flor de sal no debe contener aditivos.
- La flor de sal debe presentarse en forma de cristales con forma irregular, color blanco o levemente grisáceo, solubles en agua, inodoros, con sabor salado característico, menos salado que la sal común.
- La flor de sal debe tener una granulometría inferior a 3 mm determinada bajo la NTE INEN-ISO 3588.
- La flor de sal debe obtenerse de salmuera natural proveniente del mar.

- La flor de sal debe estar libre de nitritos y de impurezas que indiquen manipulación defectuosa del producto.

### Requisitos específicos:

- Requisitos físicos y químicos: La flor de sal debe cumplir con los requisitos que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 2.1

*Requisitos Físicos y químicos de la Flor de Sal*

Requisitos	Unidad	Flor de Sal		Método de Ensayo
		Min	Máx	
Humedad		--	8,00	NTE INEM 49
Cloruro de Sodio		90,00	98,00	NTE INEM 51
Residuo insoluble	Fracción básica expresada en porcentaje	--	0,2	NTE INEM 50
Calcio		--	0,4	ISO 2482
Magnesio		--	1,8	ISO 2482
Sulfato		--	2,00	ISO 2482

Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1970)

### 2.3 Importancia de la flor de sal

La flor de sal tiene muchos beneficios que la colocan en una posición de preferencia para el consumidor; tanto la sal, como el aire y el agua son elementos esenciales para que el organismo funcione correctamente. Es importante señalar que el cloruro sódico regula no solamente el equilibrio hídrico del organismo sino también los procesos bioquímicos que se dan en el citoplasma celular, por lo tanto, la sal se convierte en un elemento imprescindible que forma parte de la nutrición del ser humano y de casi todos los seres vivos. (Huelva Marinera, 2016)

Por consiguiente, la falta de sal en el organismo puede generar resultados desfavorables para la salud, en virtud de que la sal debe consumirse en cantidades adecuadas para mantener ciertas actividades del organismo como la respiración y la digestión (AMASAL, 2015). Sin embargo, vale señalar que la importancia de la sal no solo se enfoca desde lo nutritivo, sino que también ha marcado el desarrollo de la historia en distintas etapas, ha concedido excelentes efectos desde el punto de vista económico, la comercialización de este condimento ha producido grandes ingresos para los países que se dedican a producirlo (Kiehr, 2016).

En este sentido, la importancia de la sal de flor no solo es nutritiva, sino que ha incidido en la cultura de los pueblos, la forma de vida, la gastronomía y la industria mundial del sector. Por ejemplo, en España se producen aproximadamente cuatro millones de toneladas de sal gema al año, y otro millón en sal marina y otras grandes cantidades en sal de manantial, es decir, el procesamiento de la sal ha aportado al crecimiento económico de los países, con el transcurso de los años se han incorporado procesos tecnológicos que han servido al avance industrializado, en virtud de la relación que tiene la sal con casi todos los alimentos que se consumen en el mundo (Márquez, 2017).

#### **2.4 Beneficios de la flor de sal**

- Según Escalante (2018) el producto flor de sal tiene menos sodio, por lo que le aporta más calcio, hierro, flúor, magnesio y yodo, debido a esto contribuye a muchos beneficios para la salud manteniendo un gran equilibrio natural al cuerpo.
- Una de las características de la flor de sal es su color blanco, con una textura suave, pero a su vez crujiente para el paladar con un peculiar sabor marino; estas características lo hacen un producto tan escaso como extraordinario. El consumo de la flor de sal en cantidades diarias recomendadas beneficia a la dieta al no tener ningún otro ingrediente.
- Características únicas: Bajo contenido de cloruro de sodio, la flor de sal tiene el 30% a diferencia con la sal habitual que alcanza a tener hasta 99%. Se recomienda su uso para las personas que sufren de presión arterial y también enfermedades del riñón.
- Contiene magnesio, que es un mineral que fija el calcio y fósforo en los huesos, favoreciendo el funcionamiento del sistema nervioso y el equilibrio hormonal (Flor Delta, 2015).
- Contiene más de 80 oligoelementos necesarios que necesita nuestro organismo, por lo que se afirma que una dieta con flor de sal, es una forma sana de evitar tener que complementar la alimentación con suplementos minerales.

- Dentro de los beneficios que tiene la flor de sal se encuentra que ayuda a mantener el buen funcionamiento del sistema nervioso, permitiendo que se logre un equilibrio hormonal, en virtud del magnesio que contiene.
- La Flor de Sal se caracteriza por su alto contenido de cloruro de magnesio y de potasio, estas características permiten intensificar el sabor de las comidas. Es necesario señalar que no pierde propiedades con el transcurso del tiempo, por lo que su uso puede ser en cualquier momento.
- Para mantener un organismo saludable se requiere de oligoelementos que se encuentran en altos porcentajes en la flor de sal debido al proceso de cristalización (La Sal del Mar, 2018).

## **2.5 Uso Alimenticio**

El uso de la Flor de Sal empezó en la cocina gourmet de Francia por la sazón que da a los alimentos, a diferencia de la sal de mesa. Sin embargo, con el paso de los años comenzó a utilizarse en el resto del mundo, y gracias a las características especiales que tiene, es un excelente ingrediente saludable que le da textura, presencia, sabor y presentación a los platillos (La Sal del Mar, 2018).

Este tipo de sal tiene un sabor inconfundible, es suave al paladar y se disuelve fácilmente al sazonar los alimentos, por lo que esta sal siempre se agrega al final del platillo, antes de servirse (La Sal del Mar, 2018, p. 1). La flor de sal es utilizada en alimentos listos para servir, al ser más pura que la sal común, se utiliza menos cantidad de la acostumbrada ya que se desintegra con rapidez. Por esta razón representa una gran ventaja si se añade la flor de sal a alimentos calientes o bien, a ensaladas, pescado o carnes a la parrilla (Natural Mercadito, 2016, p. 1). Es un ingrediente extraordinario de delicado sabor que agrega especial característica a los alimentos.

## **2.6 Proceso productivo para la obtención de flor de sal**

### **2.6.1 Piscinas de flor de sal**

Según empresa española Flor Delta, las piscinas de flor de sal, consisten en depósitos formados en la arena que paulatinamente son inundados por el agua de mar, la cual en el transcurso de la producción es constantemente sometida a estrictos controles analíticos (Flor Delta, 2015).

Las piscinas de flor de sal generalmente son grandes superficies con poca profundidad con la finalidad de que la evaporación pueda darse más fácilmente, lo cual permite que se produzca una capa flotante de la sal cristalizada, resultado de la acción del viento y el sol. Se recolecta de manera manual, no se lava no se le agrega ningún otro ingrediente (Gominolas de Petróleo, 2014, p. 1).

Según explica la empresa ecuatoriana productora de sal, en página web oficial, la flor de sal se obtiene de la salmuera natural proveniente del mar la cual se introducen a pequeñas piscinas formadas de material impermeable, se forma una capa flotante de sal obtenida del secado de la salmuera, cristalizada en la superficie del agua por acción del sol y del viento y recogida de forma manual, y sin lavar ni adicionar algún ingrediente (Ecuasal, 2016).

Del mismo modo, el proceso comúnmente utilizado para obtener la flor de sal es la evaporación del agua en una solución salada en una superficie plana, cuando se elimina el agua se recogen los cristales de la capa de la superficie, éstos alcanzan unos milímetros de tamaño en forma de escamas, las mismas son quebradizas y de textura crujiente, siendo ésta justamente las características que la diferencia de las demás sales, siendo además decorativas en los distintos platos refinados (Cocinista, 2017).

La flor de sal puede obtenerse independientemente de la sal marina o de sal gema, también se puede producir en salinas naturales secadas al sol, donde la flor de sal se cosecha, pero se debe tener un estricto cuidado de la superficie. Existen otras sales que se obtienen a través de métodos artificiales, utilizando hornos u otros equipos como fuentes de calor, como por ejemplo la sal Maldon,

que resulta de tratar el agua de mar de manera muy cuidadosa en hornos especiales (Ecuasal, 2016).

### **2.6.2 Cosecha de flor de sal**

La empresa Sal Sol, en su página web menciona que la flor de sal al tratarse de una capa delgada que se forma en la superficie, es recogida mediante un cuidadoso proceso manual y artesanal que se realiza con ayuda de palas especiales en días que no sopla el viento para evitar que el grano de sal se vaya al fondo y, una vez recolectados los cristales de sal, son secados al sol y al viento para luego ser envasados sin ningún tratamiento adicional, garantizando así un producto completamente puro (SOL, 2018).

La cristalización se produce al atardecer debido al enfriamiento de la salmuera y propicia la cristalización de pequeños cristales de sal rica en magnesio y potasio los cuales quedan en la superficie formando una fina membrana de diminutos cristales de sal (Flor Delta, 2015).

La capa de sal que se forma en la superficie de la salmuera de las piscinas de Flor de Sal se la cosecha apenas se forma con un recogedor que permite que se escurra la salmuera y quede la flor de sal, se la traslada en recipientes al sitio donde se encuentran unos tableros con malla para que escurra el exceso de humedad y se las cubre con plástico. Cuando ya no bota humedad, se la traslada al sitio de almacenamiento en sacos que se los coloca sobre pallets y son cubiertos con un plástico (Ecuasal, 2016).

## **2.7 Factores que influyen en la producción de Flor de Sal**

Según explican Rodríguez, Ybonet, & Quesadas (2017), el cambio climático incide directamente en los procesos globales que ocurren en el mundo entero, dichos cambios climáticos están vinculados a los factores meteorológicos que influyen en la producción de la sal y la producción a cielo abierto. Dada la diversidad de climas en los países del mundo, la producción puede verse influenciada por algunos factores en un país y éstos pueden variar en otros países, por lo tanto, la incidencia climática puede ser distinta, generando incluso resultados diferentes en la producción.

Según Luna, Bórquez, & Villa (2015), las condiciones climáticas para que se den los procesos de evaporación más idóneos en la obtención de la sal marina, son vientos constantes, alta radiación solar, ausencias de vientos huracanados y bajos niveles de precipitación.

### **Factores climáticos:**

A continuación, se describen algunos factores climáticos que inciden en la producción de la flor de Sal, de los cuales es necesario conocer su conceptualización y significado:

#### **2.7.1 Humedad**

La humedad revela la cantidad de vapor de agua que se localiza en el aire; por lo tanto, de alguna manera la humedad depende de la temperatura; cuando el aire está más caliente, contiene más humedad que el frío. La humedad relativa se enuncia en forma de tanto por ciento (%) de agua en el aire; de esta manera, la humedad absoluta está referida a la cantidad de vapor de agua que se encuentra en una unidad de volumen de aire y se enuncia en gramos por centímetro cúbico (Astronomía, 2015).

#### **2.7.2 Temperatura del aire**

La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Aunque existen otras escalas para otros usos, la temperatura del aire se suele medir en grados centígrados (°C) y, para ello, se usa un instrumento llamado *termómetro*. La temperatura depende de diversos factores, como por ejemplo de la inclinación de los rayos solares, del tipo de sustratos, al respecto es importante explicar que la roca absorbe energía y el hielo la refleja, también depende de la dirección y fuerza de los vientos, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua (Astronomía, 2015, p. 1).

### **2.7.3 Precipitaciones**

Las precipitaciones se distribuyen de forma heterogénea en el planeta debido a la latitud; las áreas próximas al ecuador son más cálidas y poseen grandes cantidades de vapor de agua, registran más lluvias que las zonas templadas y las regiones polares (Buchot, 2018, p. 1). Estas últimas presentan escasa cantidad de vapor de agua y bajos niveles de evaporación. Las precipitaciones pueden ser de agua líquida, de agua sólida como nieve o granizo, o de mezcla de ambas; están asociadas con fenómenos relacionados con la circulación del aire en la atmósfera, y la intensidad y estado físico de ellas depende de manera directa del suceso en cuestión (Ambientum, 2018).

### **2.7.4 Dirección de los Vientos**

Los vientos pueden ser planetarios o estacionales y se desplazan transportando humedad de un sitio a otro; el clima se ve influenciado por la dirección de los vientos, generalmente estos levantan masas de aire calientes, éstas se retienen en las montañas y luego caen en forma de precipitaciones (LaReserva, 2017, p. 1).

## **2.8 Estándares ideales de composición de la Flor de Sal**

- La flor de sal para que pueda ser considerada como tal no debe de pasar de los 92.9% de cloruro de sodio. Tiene más calcio, pero además tiene alrededor de 20 veces más de magnesio, que la sal marina, eso la hace una sal excepcional pues el magnesio potencia naturalmente los sabores y, por tanto, pequeñas cantidades del producto son suficientes (dondecomenloschefs, 2015, p. 1).
- Como ejemplo, la composición de la flor de sal de Mallorca contiene los elementos que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2.2

<i>Composición de la Flor de Sal</i>	
Calcio	0,07%
Magnesio	1,86%
Sodio	34,11 %
Potasio	0,64 %
Cloruros	52,3 %

Fuente: (dondecomenloschefs, 2015)

## **2.9 Producción de Flor de Sal en algunos países**

La producción de Flor de sal proveniente del mar se da en algunos países tales como:

### **2.9.1 Francia**

Históricamente la producción de flor de sal se recuperó hace aproximadamente entre 20 y 30 años en Francia, en la región bretona de Guérande. Actualmente se produce en Francia, España, Portugal, Colima en México y Cahuil en Chile. Desde las últimas décadas del siglo XX, la flor de sal se ha convertido en un producto de alto valor gastronómico y con una demanda cada vez más creciente en el mercado de los productos artesanales, ecológicos y saludables. (Sphinx, 2017, p. 1)

### **2.9.2 España**

España es un gran productor de la Flor de Sal, estas salinas comparten hábitat con especies de flora y fauna debidamente protegidas, de esta manera se mantienen las tradiciones más antiguas de conservación y producción. Las principales salinas donde se recolecta la flor de sal son las siguientes:

- Las salinas de la Trinidad, situadas en el corazón del Parque Natural del Delta del Ebro (Sphinx, 2017).
- Salinas de Torre Vieja
- Las salinas de Cabo de Gata en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.
- Las salinas de Mallorca en las Islas Baleares.
- Las salinas del Parque Natural Bahía de Cádiz.
- Las salinas de Isla Cristina, en la provincia de Huelva.
- Las salinas de San Juan en Saelices de la Sal, en la provincia de Guadalajara (Sphinx, 2017).

### **2.9.3 México**

México, se ha caracterizado por exponer éxito en el mercado internacional al incursionar con la flor de sal. A través de la recolección artesanal, productores de las Salinas de Cuyutlán en Colima México, aprovechan los meses de mayo y junio para la producción de la flor de sal. La zona cuenta con un subsuelo rico en oligoelementos, por la acumulación de minerales y su cercanía al puerto Manzanillo en el Océano Pacífico, se convierte en una de las principales fortalezas de la región para la producción de la flor de sal (Gaytan & Orozco, 2015, p. 31).

### **2.9.4 Chile**

Cáhuil es un pequeño caserío chileno localizado a 15 kilómetros al sur de Pichilemu, en la desembocadura del estero Nilahue. En esta zona se realizan actividades relacionadas con la producción de sal marina. Utilizan procesos de decantación del barro y evaporación del agua. Es un proceso fácil y natural, sin embargo, requiere de suficiente tiempo y principalmente es necesario mucho sol y viento. En la zona se practica la transformación del medio natural como acto de desarrollo, preservando la producción casi sin alteraciones.

En la zona se producen distintos tipos de sal, lo cual depende de la cercanía o distancia que tenga la sal con la capa de barro que se encuentra en el fondo del cuartel, por lo que sobre la primera capa se produce una capa fina y limpia de sal a la que se le denomina Flor de Sal, luego la espumilla y sal de mar de primera calidad (Sal de Mar Chile, 2014).

## **2.10 Variedades en la comercialización de la Flor de la Sal**

La Flor de Sal se ha comercializado en distintas presentaciones, entre ellas:

- Flor de Sal Natural, con un fino sabor a mar que condimenta perfectamente cualquier comida. (dondecomenloschefs, 2015)
- Flor de Sal Rosa, en la que se mezcla la sal natural con pétalos de la Rosa Gallica, pimienta de Sechuán y el suave sabor picante de la pimienta negra de Sarawak (dondecomenloschefs, 2015).

- Flor de Sal con Olivas, contiene sal natural y olivas negras de Kalamata, tostadas y molidas.
- Flor de Sal Mediterránea, se compone de romero, ajedrea, mejorana, orégano, tomillo y sal natural.
- Flor de Sal de Sri Lanka, aquí la sal natural aparece mezclada con canela, cardamomo, cúrcuma, cayena, comino, cilantro, semilla de hinojo, fenogreco, clavo y pimienta negra.

### **2.11 Modelización estadística**

Los modelos estadísticos utilizan ecuaciones matemáticas para codificar información extraída de los datos. En algunos casos, las técnicas de modelado estadístico pueden proporcionar modelos adecuados de forma rápida (IBM, 2014, p. 1). En algunos casos relacionados con problemas donde las técnicas no arrojan resultados mejores, se aplican algunos modelos estadísticos como los predictivos de línea base, entre otros.

Según Ocaña (2019), un modelo estadístico es una ecuación matemática que reproduce los fenómenos que se observan de la forma más exacta posible, estos modelos disponen de datos suministrados incluso en azar, para las observaciones. Los modelos matemáticos son una relación funcional entre variables, la finalidad es conseguir la relación de una variable de entrada con una variable de salida.

Los modelos estadísticos se utilizan en general en el marco de una marcha deductiva. La cuestión alude a la variabilidad de un fenómeno particular, y se busca comprender los componentes de esta variabilidad (Hipergeo, 2014, p. 1). La marcha deductiva de la que se habla, consiste en elaborar hipótesis sobre las razones que causan diferenciaciones entre fenómenos para luego verificarlas o no a través de un modelo estadístico.

### **2.12 Uso de los Modelos Estadístico**

Los modelos estadísticos son utilizados para manejar datos cuantitativos y cualitativos mediante técnicas de recolección, recuento, presentación, descripción y análisis. Los modelos estadísticos permiten comprobar hipótesis

o establecer relaciones de causalidad en un determinado fenómeno (CONACYT, 2018, p. 1).

Según XLSTAT (2019), en términos sencillos, el modelo estadístico es una forma simplificada, matemáticamente formalizada de acercarse a la realidad, de algún hecho donde se generan datos y, opcionalmente, hacer predicciones a partir de dicha aproximación.

En algunos casos matemáticamente no se puede dar una explicación a las diferencias o separaciones de la relación lineal, es decir, la variabilidad causada por factores que influyen en las variables, por tanto, se hace necesario acudir a un modelo estadístico, siendo este uno de los principales usos (Tellez & Morales, 2016).

## **2.13 Tipos de Modelos Estadísticos**

Los tipos de Modelos Estadísticos varían, dependiendo del campo de estudio al que se necesiten aplicar, el interés es encontrar un modelo que relacione un conjunto de variables de entrada y de salida a fin de encontrar una relación funcional entre las mismas. Se hace mención a continuación a los métodos más conocidos:

### **Modelos de Regresión:**

#### ***2.13.1 Modelo de Regresión Lineal Simple***

Son modelos estadísticos que utilizan variables predictoras para pronosticar el valor de una variable numérica de respuesta (Berenson, 2009, p. 478). En un modelo de regresión lineal simple para probar una hipótesis referente a la pendiente poblacional, se utiliza la siguiente fórmula simple:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

- $\beta_0 + \beta_1$  son los parámetros del modelo.
- $\varepsilon$  es una variable aleatoria, llamada error, que explica la variabilidad en  $y$  que no se puede explicar con la relación lineal entre  $x$  y  $y$ .

- Los errores,  $\varepsilon$ , se consideran variables aleatorias independientes distribuidas normalmente con media **cerro** y desviación estándar  $\sigma$ . Esto implica que el valor medio o valor esperado de  $y$ , denotado por  $E(Y/x)$ , es igual a  $\beta_0 + \beta_1x$ . Observar las figuras 2.1, 2.2 y 2.3.

Ecuación de regresión lineal simple:

$$E(y/x) = \beta_0 + \beta_1x$$

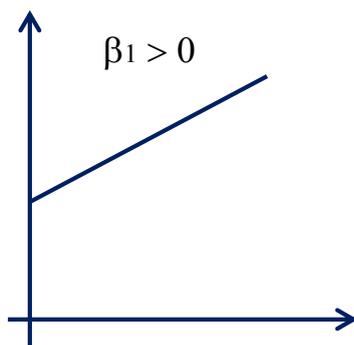


Figura 2.1 Parámetros - Regresión Lineal Positiva  
Fuente: (Berenson, 2009)

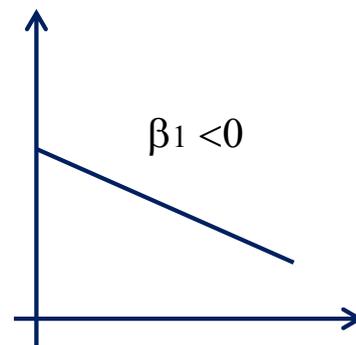


Figura 2.2 Parámetros - Regresión Lineal Negativa  
Fuente: (Berenson, 2009)

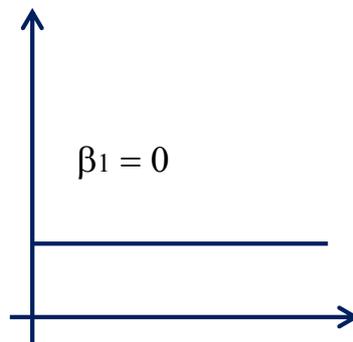


Figura 2.3 Parámetros – Ausencia de relación  
Fuente: (Berenson, 2009)

El modelo de regresión lineal simple es un supuesto acerca de la relación entre  $x$  y  $y$ . Si los resultados tienen una relación estadísticamente significativa entre  $x$  y  $y$ , y si el ajuste que proporciona la ecuación de regresión parece bueno, ésta podría

utilizarse para estimaciones y predicciones. (Berenson, 2009, p. 479)

De este modo, la relación que existe entre la variable de respuesta  $y$ , y la variable de entrada o predictora  $x$ , se denomina regresión lineal simple. Esta relación siempre se puede expresar diciendo que, para cualquier valor de  $x$  de la variable predictora, la variable de respuesta  $y$  es una variable aleatoria, por lo tanto, se asume una relación lineal (Sheldon, 2007).

### **2.13.2 Modelo de Regresión Lineal Múltiple**

Explica Berenson (2009), que el modelo de regresión múltiple permite el estudio de la forma en que una variable de respuesta  $y$ , se relaciona con dos o más variables predictoras. En la siguiente fórmula se emplea  $p$  para representar la cantidad de variables independientes.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + 1 \dots + \beta_p x_p + \varepsilon$$

Es un modelo que relaciona una variable de respuesta  $y$  con  $k$  variables de entrada ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ).

### **2.13.3 Modelo de Mínimos Cuadrados**

Los iniciadores de este método están entre Legendre, quien lo publica en 1805 y Gauss, quien lo utiliza en 1795 y lo publica en 1809. Cuando menores son los residuos en una correlación, mejor es el ajuste, de todos los posibles valores de  $\beta_1$  el método de mínimos cuadrados selecciona aquellos que minimizan (Carmona, 2005, p. 19).

$$S = \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{3i^1} + \dots \beta_k X_{ik}))^2$$

En el caso de la regresión lineal simple.

$$S = \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$$

Al derivar o igualar a cero, se obtienen los estimadores mínimos cuadrados.

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

## 2.14 Variables Dependientes y explicativas

La mayoría de los modelos estadísticos están vinculados a las variables explicativas y variables predictoras. Se entiende por Variable respuesta la variable que se busca describir, explicar o predecir. En la representación del plano cartesiano, la variable dependiente se ubica en el eje de las Y o eje de las ordenadas (Mendenhall, Beaver, & Beaver, 2019).

Las Variables explicativas o también conocidas como variables predictoras, se utiliza para evaluar, explicar o describir a la variable dependiente, se representa en el eje de las X, o eje de las abscisas. Las variables tanto dependientes como independientes pueden ser una o más de una, al mismo tiempo pueden ser cualitativas o cuantitativas, dependiendo del tipo de estudio que se esté realizando (Mendenhall, Beaver, & Beaver, 2019, p. 566).

## 2.15 Software Estadístico R

R, es un software libre que permite realizar análisis estadísticos y el más usado en la comunidad científica, consta de una aplicación central y actualmente dispone de una interfaz que permite el manejo del programa R mediante una ventana de menús, este interfaz se denomina RCommander, la misma permite al usuario comenzar a manejar el programa aun sin conocer el lenguaje de instrucciones, y permite el aprendizaje de este lenguaje de forma sencilla, se así lo requiere el usuario (Rocamora, García, & Martínez, 2017).

R es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico. Es un poderoso entorno y lenguaje en el cual se pueden tratar datos y

graficar; es un dialecto libre del lenguaje S, desarrollado por Robert Gentleman y Ross Ihaka del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland en 1993 (Goete, 2014). De igual forma, R es un lenguaje interpretado, en el que el usuario normalmente accede por líneas de comandos o consola.

## **2.16 Ventajas del Software Estadístico R**

Según explica Goete (2014), el software Estadístico R, ofrece las siguientes ventajas:

- R al estar orientado a las estadísticas, proporciona un amplio abanico de herramientas.
- Entre otras características de R, se menciona la capacidad gráfica, que permite generar gráficos con alta calidad, con sólo utilizar las funciones de graficación.
- R también puede usarse como herramienta de cálculo numérico y a la vez ser útil para la minería de datos.
- Puede integrarse con distintas bases de datos y existen bibliotecas que facilitan su utilización desde lenguajes de programación interpretados como Perl, Python y Ruby. Y por supuesto existen proyectos que permiten utilizar R desde Java o net.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación de la empresa

La empresa ecuatoriana productora de sal y otros productos químicos se crea en el año 1961. Para el año 1965 se adquieren los terrenos en Mar Bravo, para la construcción de la primera planta en Salinas. En 1996, se inicia la producción de sal CRIS-SAL yodada y fluorurada, por disposición del Ministerio de Salud pública del Ecuador. En el año 2007, las piscinas de la empresa son declaradas primer refugio de aves playeras migratorias en Ecuador. En el año 2016 la empresa renueva sus empaques de la marca CRIS-SAL y lanza al mercado su nuevo producto FLOR DE SAL, con certificación Kosher. La sede administrativa y refinería se encuentra ubicada en Vía a Daule Km. 12.5 Dr. Camilo Ponce Enríquez en Guayaquil como se observa en la figura 4; y la Planta Salinas en el Km. 1 camino a Mar Bravo de la Península de Santa Elena,

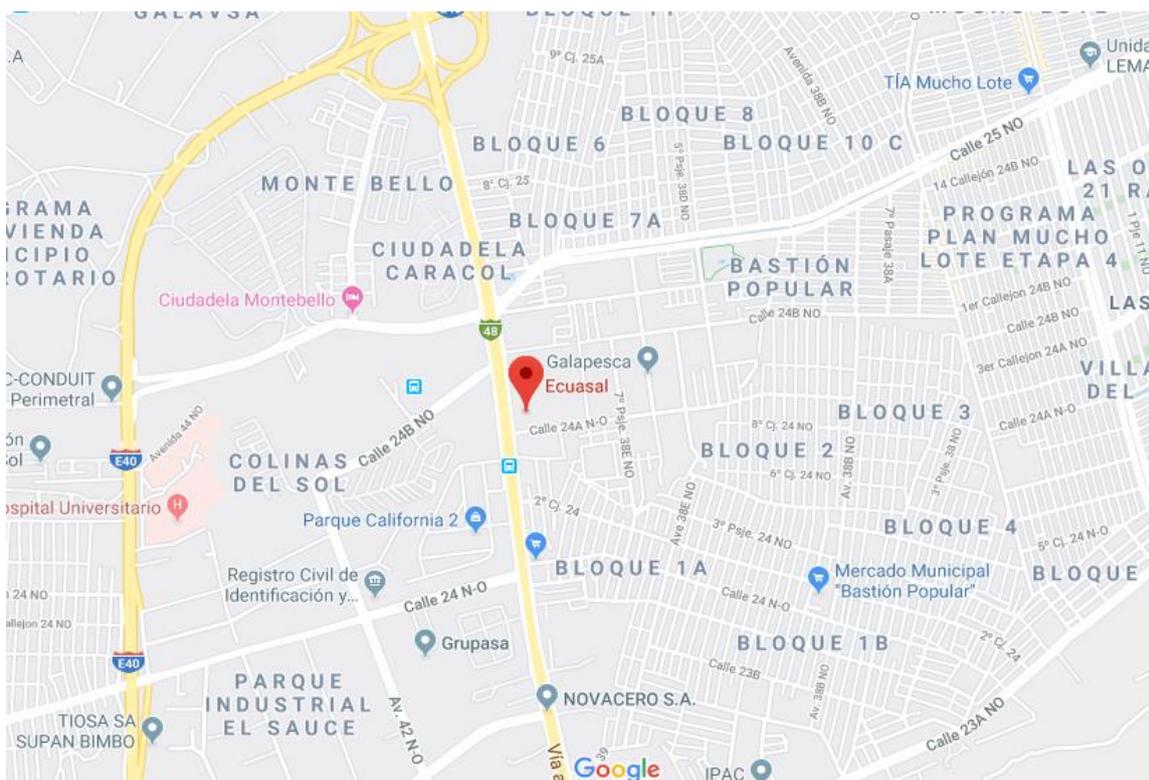


Figura 3.4 Ubicación de la empresa productora de sal  
Fuente: Google map (2015)

### **3.2 Política Integral de la empresa**

La empresa productora de sal es una empresa privada líder en la producción y refinación de sal. Nuestro compromiso está basado en:

- Asegurar la inocuidad y la calidad de los productos que procesamos (sal para consumo humano, sal para uso Industrial).
- Cumplir con los requisitos legales, reglamentarios y la inocuidad, aplicables a nuestra organización y productos. (Ecuasal, 2016)
- Satisfacer los requerimientos de nuestros clientes y consumidores.
- Prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales que puedan afectar a nuestros colaboradores, visitantes y proveedores.
- Evitar o Reducir el impacto ambiental negativo.
- Fomentar un comportamiento ético y el bienestar de nuestros colaboradores. (Ecuasal, 2016)
- Asignar los recursos necesarios para el funcionamiento adecuado de nuestras operaciones.
- Promover la mejora continua de nuestro sistema integral de gestión.

### **3.3 Productos de la empresa**

Dentro de los productos que ofrece la empresa se encuentran:

- CRIS-SAL Flor de Sal: Sal de Mar, cosechada por manos ecuatorianas en las piscinas de la empresa, ecosistema ideal para la estacionalidad de aves migratorias. 100% natural. Esta sal gourmet es utilizada para acompañar tus comidas más importantes y especiales. Producto conformado por cristales de color blanco cristalino (Ecuasal, 2016).
- CRIS-SALERO Sal Parrillera: La "sal gruesa" ideal para aliñar y condimentar tus parrilladas. Sal de Mar, conformado por cristales de mediano tamaño de color blanco cristalino.
- CRIS-SALERO Sal de mesa. Salero que comparte la mesa con la familia ecuatoriana desde 1968. Sal de Mar, conformado por cristales de color blanco cristalino. Contiene anti humectante, brindándole así fluidez a la sal.

- CRIS-SAL Fundas de sal. El ingrediente principal que da el sabor característico de la comida ecuatoriana. Sal de Mar, conformado por cristales de color blanco cristalino (Ecuasal, 2016).

### 3.4 Información Técnica de Flor de Sal

De los productos fabricados por la empresa, se hace un enfoque principal a la Flor de Sal, por ser el principal tema de estudio y análisis.

#### Identificación

- Nombre comercial: **Flor de Sal**
- Nombre Químico: Cloruro de Sodio (NaCl)

#### Procedimiento general de fabricación

La Flor de Sal se obtiene de la salmuera natural proveniente del mar, en el cual se forma una capa flotante de sal obtenida del secado de la salmuera cristalizada en la superficie del agua por acción del sol y del viento, y recogida de forma manual, y sin lavar ni adicionar algún ingrediente (Ecuasal, 2016). La Flor de Sal debe reunir unas especificaciones técnicas tal y como se observa en la Tabla 3.3.

#### Especificaciones técnicas de la Flor de Sal:

Tabla 3.3

*Especificaciones técnicas Flor de Sal*

PARAMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACION
	% m/m base	
Cloruro de Sodio, NaCl	seca	90,0 a 98,0
Sulfatos, SO <sub>4</sub>	%	2,0 máx.
Magnesio, Mg <sup>2+</sup>	%	1,8 máx.
Calcio, Ca <sup>2+</sup>	%	0,4 máx.
Humedad	%m/m	8,0 máx.
Insolubles	%m/m	0,2 máx.
Granulometría	%m/m	Malla < 3,0 mm

Fuente: (Ecuasal, 2016)

#### Requisitos Microbiológicos

- Bacterias halófilas no debe ser mayor a <math>1 \times 10^1</math> UFC/g y el recuento de Aerobios mesófilos no debe ser mayor a  $2,0 \times 10^4$  UFC/ g.

## **Tiempo de Vida**

- El producto posee vida útil ilimitada en cuanto a sus características químicas, pero por regulación se considera 1 año a partir de la fecha de producción.

## **Almacenamiento y Conservación**

- Se realiza sobre estibas en bodegas cubiertas y secas, evitando el contacto con cualquier tipo de contaminantes e insalubridad de tal forma que se vea afectada a la calidad del producto, se recomienda su conservación cerrado y en un lugar seco.

## **Transporte**

- El transporte de sal para consumo humano se realiza en condiciones tales que excluyan el riesgo de contaminación y/o modificación de sus características físico-químicas u organolépticas del producto

## **Precauciones y Restricciones**

- La aceptación de las especificaciones y el uso final del producto es de absoluta responsabilidad del cliente.

## **3.5 Descripción del proceso de producción de la Flor de Sal**

### **3.5.1 Producción de Flor de Sal**

La salmuera que se bota de los cristalizadores con una gravedad específica de 1.252 como máximo, se la acumula en el área determinada para los amargos, hasta que alcance una gravedad específica de 1.270 con un máximo de 1.290. En este momento se la bombea a las piscinas de flor de sal y se coloca 10 cm de salmuera. La flor de sal es una pequeña capa que se forma en la superficie de la salmuera de estas piscinas.

### **3.5.2 Cosecha de Flor de Sal**

La capa de sal que se forma en la superficie de la salmuera de las piscinas de Flor de Sal se la cosecha apenas se forma con un recogedor que permite que se escura la salmuera y quede la flor de sal, se la traslada en recipientes al

sitio donde se encuentran unos tableros con malla para que escurra el exceso de humedad y se las cubre con plástico. Cuando ya no bota humedad, se la traslada al sitio de almacenamiento en sacos que se los coloca sobre pallets y son cubiertos con un plástico.

### 3.5.3 Piscina Flor de Sal

Las piscinas están formadas por muros de material arcillosos y un piso de 3cm de sal. Se observa en la figura 3.5, las dimensiones de las piscinas en la empresa productora de flor de sal:

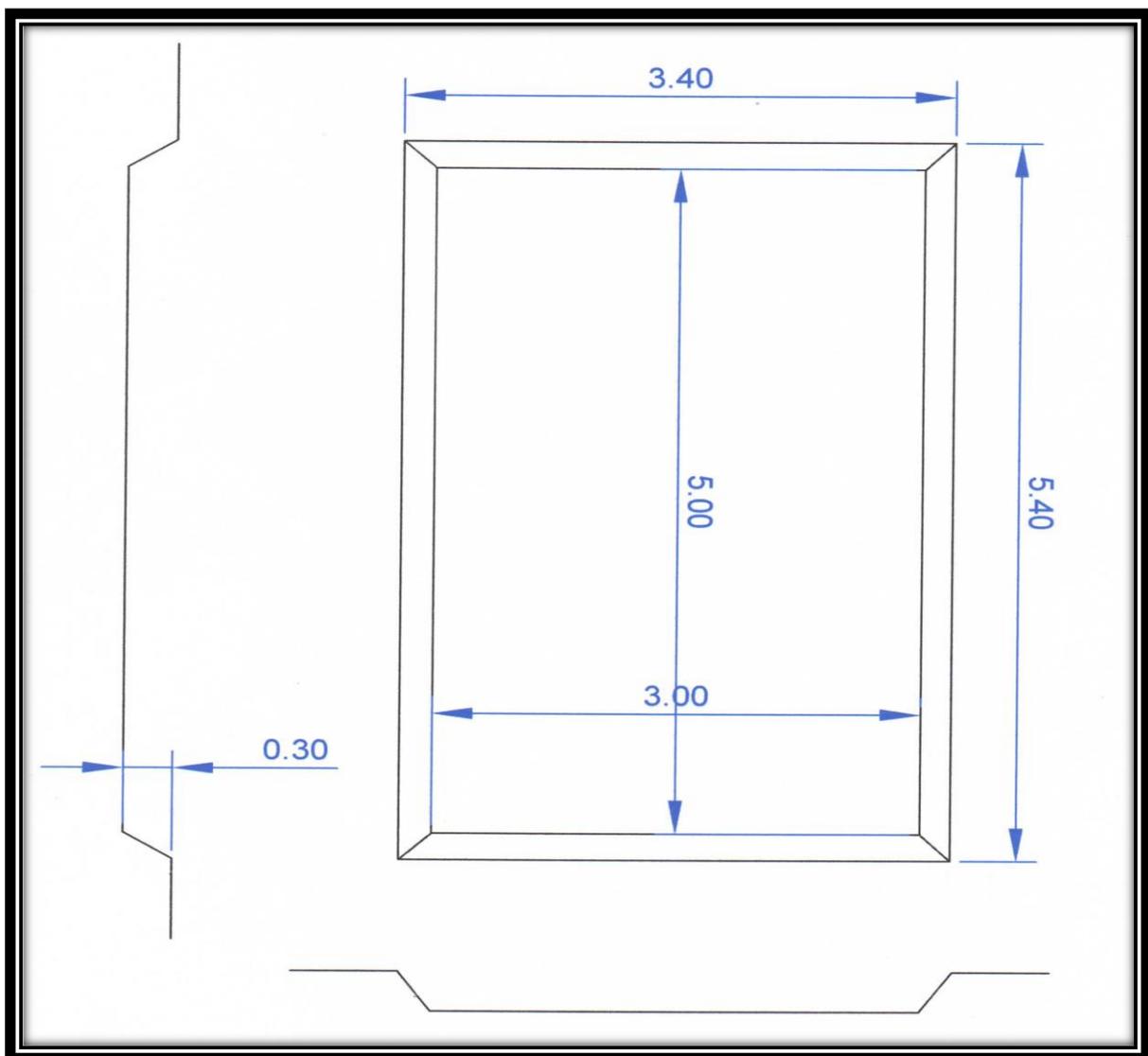


Figura 3.5 Dimensiones Piscina Flor de Sal  
Fuente: (Ecuasal, 2016)

### **3.6 Descripción del proceso de estudio realizado**

Se implementa una estación meteorológica para la recogida de datos climáticos como humedad, temperatura, recorrido de viento y radiación, y se usan equipos como densímetros y termómetros portátiles para medir la densidad y temperatura de la salmuera, lo cual permitirá realizar la modelización estadística.

Se toma nota del comportamiento de cada variable durante todo el año 2019; durante los 365 días de año se hicieron registros de los valores mínimos y máximos de la cosecha, la humedad, la temperatura, la evaporación, la radiación solar y la velocidad del viento, todo lo cual representa la población de estudio; sin embargo es importante señalar que para los datos procesados a través del programa estadístico R versión 3.6.3, se ha considerado aplicar un muestreo no probabilístico de conveniencia, donde el investigador puede seleccionar los datos que considere pertinentes para el estudio.

Se utiliza el muestreo de conveniencia para crear muestras de acuerdo a la facilidad de acceso a los datos que forman parte de la muestra, en un intervalo de tiempo dado o cualquier otra especificación práctica de un elemento particular (Cáceres, 2016). Esta técnica se utiliza cuando no existen criterios que deban considerarse para que un dato pueda ser parte de la muestra, por lo que no se toman los valores registrados en días donde no se obtuvo cosecha de flor de sal.

Cada registro de la población puede ser parte y es elegible para ser parte de la muestra, sin embargo, se decide tomar en consideración solo los días que hubo cosecha de flor de sal, lo cual está representado en 134 días de cosecha durante todo el año 2019.

A su vez se trabaja con diversos materiales para la construcción de los pozos de producción e Implementación de insumos para buscar una variabilidad en los tiempos de evaporación de la salmuera y analizar el comportamiento de las variables antes mencionadas. Se realiza la recolección de datos vinculados al comportamiento de las variables en la producción de flor de sal usando la metodología antes mencionada.

### 3.7 Determinación de variables y atributos

Las variables que intervienen en el proceso de producción de la flor de sal, se muestran en la tabla 3.4, cada una de las variables cumple una función importante en la producción:

Tabla 3.4

Determinación de Variables a estudiar	
Factor	Unidad
Temperatura promedio	°C
Humedad relativa Promedio	%
Gravedad Específica	
Evaporación de Salmuera	cm
Radiación Solar Promedio	Langley (cal/cm <sup>2</sup> )
Viento Velocidad	Km/h
Viento Recorrido	Km. Día

Elaborado por: El autor

Se recolectó los datos relacionados a las variables señaladas en la Tabla 3.4, a través de un registro realizado diariamente durante el tiempo en que se cosechó la flor de sal durante el año 2019, precisando los niveles máximos o mínimos de cada uno durante los comportamientos de las variables en el proceso de cosecha y producción de la flor de sal.

### 3.8 Modelo de Regresión Lineal

Para ajustar un modelo de regresión lineal, en primer lugar, se prepara el archivo principal en Excel con todos los datos de las variables correspondientes, tanto las predictoras como la de respuesta; la finalidad es modelizar a través de un análisis de regresión lineal, las variaciones que la gravedad específica, la evaporación de salmuera, la humedad relativa, la temperatura, la radiación solar y el recorrido del viento, producen sobre las variaciones de la cosecha (Ver apéndice A.8).

### 3.9 Prueba de Normalidad

La prueba de normalidad, es una prueba de bondad de ajuste, que se refiere al acuerdo entre una distribución acumulada (acumulativa) observada o empírica, de valores muestrales y una función de distribución continua

especificada (Gutiérrez & Vladimirovna, 2016). Normalmente dentro de los tipos de pruebas de normalidad comúnmente utilizadas se encuentran:

**Prueba de Anderson Darling:** Es una prueba que compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fuesen normales; pero si la diferencia que se observa es representativamente grande, entonces se rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población (Gutiérrez & Vladimirovna, 2016, p. 263).

**Prueba de normalidad de Ryan Joiner:** Es la prueba que evalúa la normalidad calculando la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos; si el coeficiente de correlación se encuentra cerca de 1, es probable que la población sea normal. Este estadístico evalúa la fuerza de la correlación; si se encuentra por debajo del valor crítico apropiado entonces se rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. Esta prueba es similar a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

**Test de Jarque Bera:** Es una de las pruebas estadísticas más conocidas, que pretende comprobar si una determinada distribución de probabilidad se asemeja a una normal, y lo hace mediante el estudio de la asimetría y la curtosis; este test se puede utilizar para ver comprobar el supuesto de normalidad en los errores del modelo; el uso de histogramas o gráficos permite visualizar el comportamiento de las variables (Rico, 2017).

**Shapiro.test:** Es una prueba con mayor sensibilidad a la no normalidad, en esta no es necesario calcular la media ni la varianza de la muestra para incluirlas en las hipótesis, pero requiere dos tipos de tablas para su aplicación, Shapiro y Wilk. En la presente investigación se utilizará la prueba de Shapiro.test para estimar la prueba de normalidad de los datos.

### **3.10 Datos promedios obtenidos en las observaciones de las variables**

A continuación, se muestran los promedios mensuales de: temperatura, humedad relativa, gravedad específica, evaporación de salmuera, radiación solar promedio, velocidad del viento y recorrido del viento, de acuerdo a los datos registrados en el año 2019.

### 3.10.1 Promedio de la temperatura durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

Desde enero a diciembre del año 2019, se tomaron datos diarios de la temperatura, se muestra en la Tabla 3.5 el promedio de la temperatura:

Tabla 3.5  
*Promedio de la temperatura durante el periodo enero a diciembre 2019*

Meses	Promedio Temperatura °C
ene-19	25,81
feb-19	27,88
mar-19	28,05
abr-19	27,05
may-19	26,19
jun-19	24,81
jul-19	22,50
ago-19	21,06
sep-19	21,38
oct-19	22,70
nov-19	23,85
dic-19	24,48

Fuente: Datos recolectados registro mensual

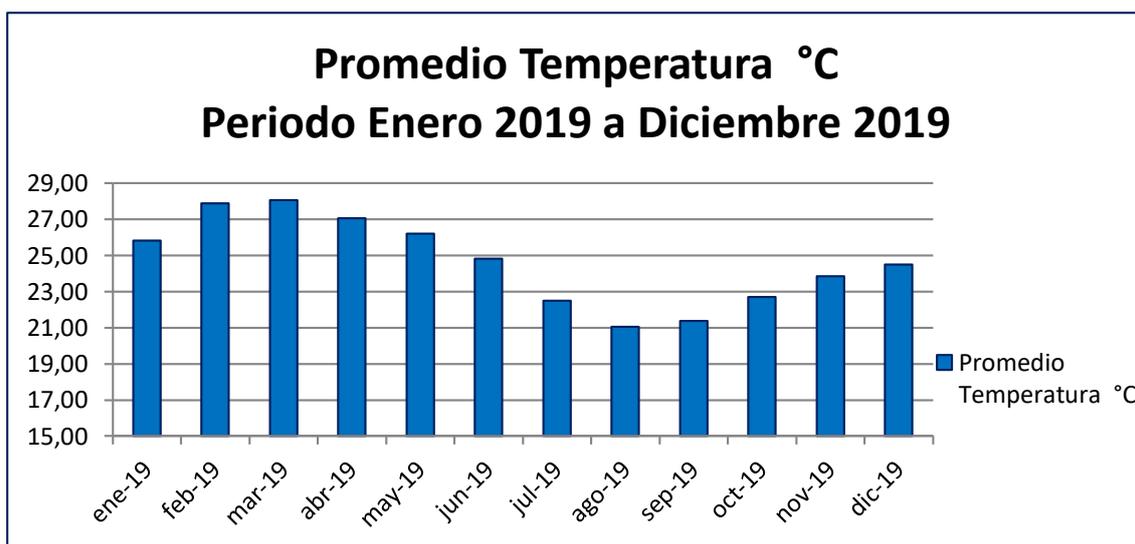


Figura 3.6 Promedio Temperatura °C periodo enero 2019 a diciembre 2019

Se observa en la Figura 3.6 que, de acuerdo a los datos recolectados, la temperatura con niveles más altos se presentó en los meses febrero, marzo y abril de 2019, con 27,88°C, 28,05°C y 27,05°C, respectivamente; y los más bajos para los meses julio, agosto, septiembre y octubre con 22,50°C, 21,06°C, 21,38°C y 22,70°C respectivamente.

### 3.10.2 Promedio de la gravedad específica durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

Se presentan a continuación en la Tabla 3.6, los registros promedios mensuales de la gravedad específica durante el periodo enero a diciembre 2019:

Tabla 3.6  
Promedio de la gravedad específica durante el periodo enero a diciembre 2019

Meses	Gravedad Específica
ene-19	1,268
feb-19	1,270
mar-19	1,263
abr-19	1,263
may-19	1,263
jun-19	1,265
jul-19	1,266
ago-19	1,265
sep-19	1,272
oct-19	1,274
nov-19	1,265
dic-19	1,278

Fuente: Datos recolectados registro mensual

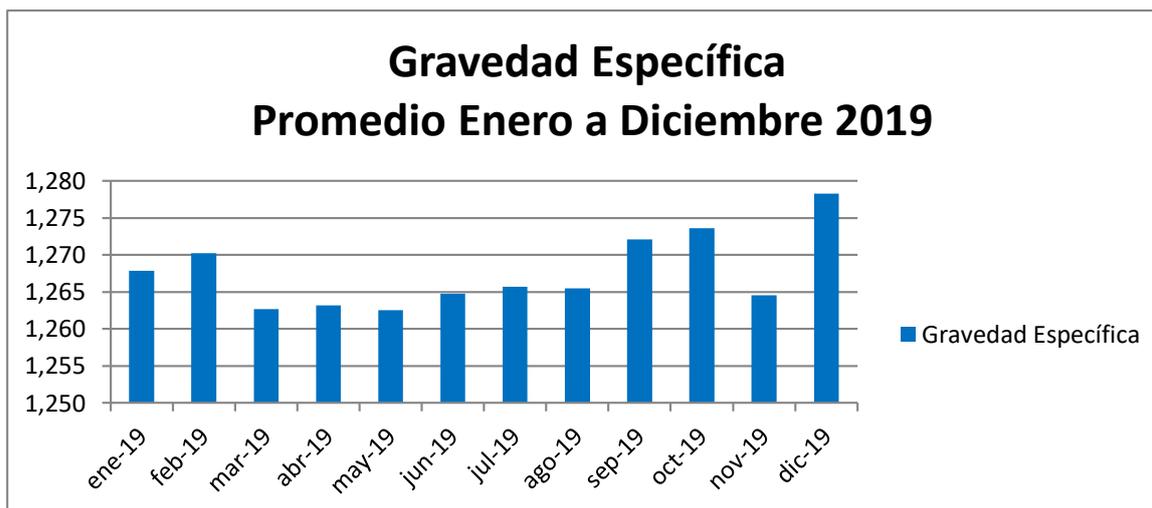


Figura 3.7 Promedio Gravedad Específica periodo enero 2019 a diciembre 2019

Se observa en la Figura 3.7 que, de acuerdo a los datos registrados mensualmente, relacionados con la Gravedad específica, se observa que los índices más altos se registraron en los meses septiembre, octubre y diciembre con 1,272; 1,274; y 1,278, respectivamente; y los registros con niveles más bajos fueron en los meses de marzo, abril y mayo, con 1,263 en los meses indicados.

### 3.10.3 Promedio de la humedad relativa durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

En la Tabla 3.7, se observan los datos promedios correspondientes a la humedad relativa, que fueron registrados en el periodo enero a diciembre 2019:

Tabla 3.7

*Promedio de la Humedad relativa durante el periodo enero a diciembre 2019*

Meses	Promedio Humedad %
ene-19	79,34
feb-19	79,53
mar-19	74,65
abr-19	75,81
may-19	75,51
jun-19	74,95
jul-19	76,88
ago-19	77,70
sep-19	74,97
oct-19	71,32
nov-19	71,75
dic-19	76,77

Fuente: Datos recolectados registro mensual

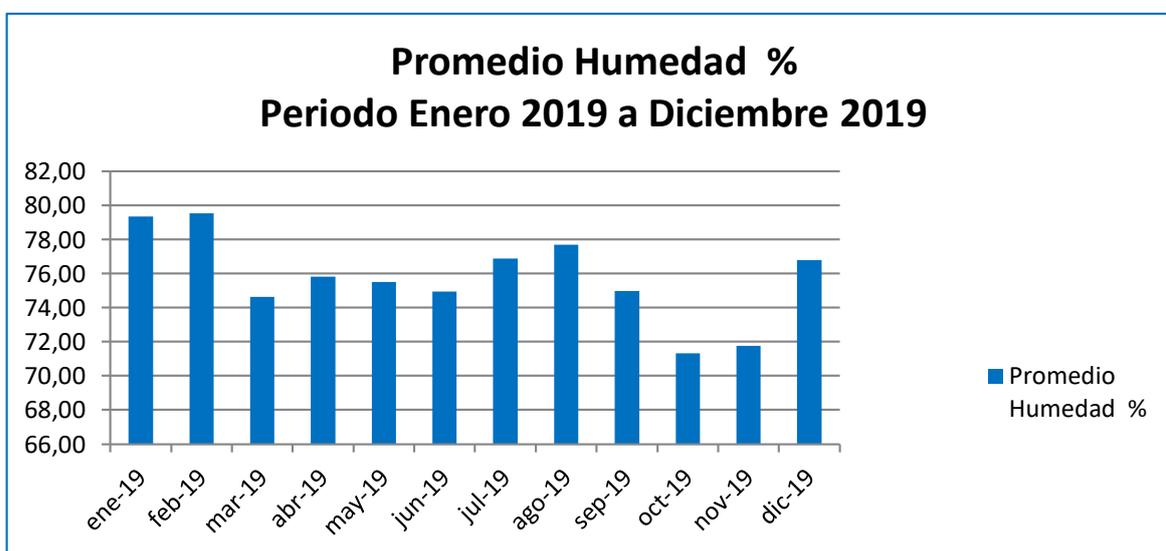


Figura 3.8 Promedio Humedad % periodo enero 2019 a diciembre 2019

Se observa en la Figura 3.8 que, de acuerdo a los datos registrados mensualmente, relacionados con la Humedad se observa que los índices más altos se registraron en los meses de enero con 79,34% y febrero con 79,53%; y los registros con porcentajes más bajos fueron en los meses de octubre y noviembre con 71,32% y 71,75%, respectivamente.

### 3.10.4 Promedio de la evaporación de salmuera durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

En la Tabla 3.8, se muestran los valores promedios registrados en el periodo enero a diciembre de 2019, de la evaporación de salmuera:

Tabla 3.8

*Promedio de la Evaporación de Salmuera durante el periodo enero a diciembre 2019*

Meses	Promedio Evaporación de salmuera (cm)
ene-19	0,25
feb-19	0,18
mar-19	0,29
abr-19	0,32
may-19	0,29
jun-19	0,18
jul-19	0,10
ago-19	0,10
sep-19	0,13
oct-19	0,12
nov-19	0,11
dic-19	0,22

Fuente: Datos recolectados registro mensual

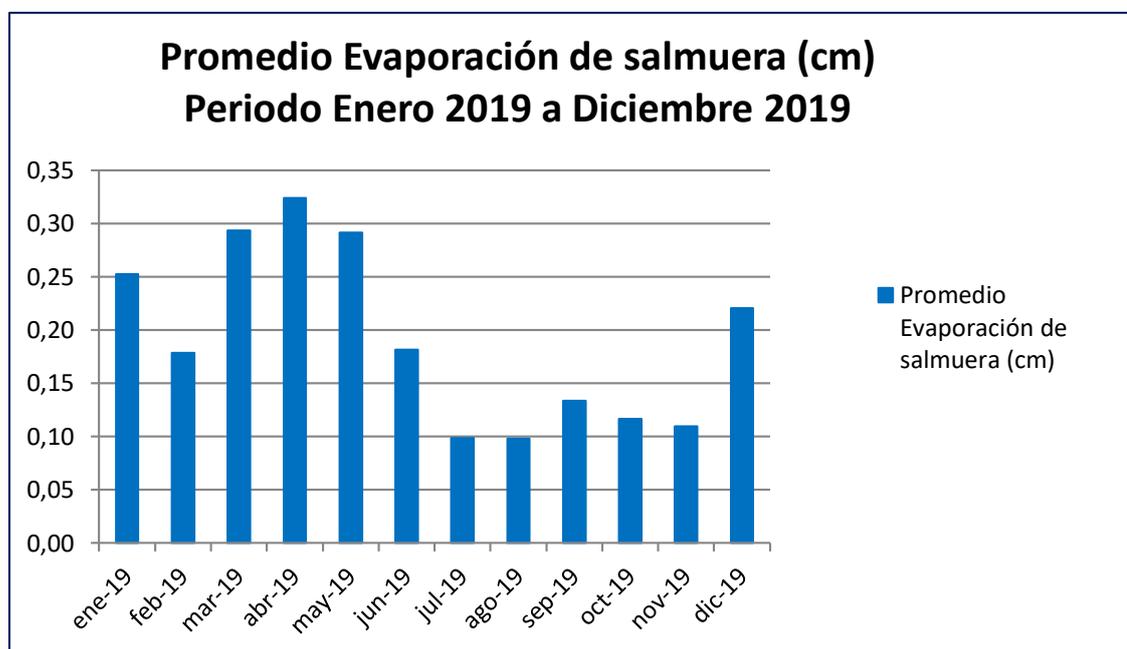


Figura 3.9 Promedio de la Evaporación de Salmuera durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

Se observa en la Figura 3.9, que en promedio la evaporación de la salmuera con mayores centímetros se da para los meses de marzo con 0,29cm, abril con 0,32cm y mayo con 0,29cm. Y los más bajos para los meses de julio, agosto y noviembre con 0,10cm, 0,10cm y 0,11cm respectivamente.

### 3.10.5 Promedio de la radiación solar durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

Se registran promedios del comportamiento de la radiación solar durante el periodo enero a diciembre 2019, como se visualiza en la Tabla 3.9:

Tabla 3.9

*Promedio de la Radiación Solar durante el periodo enero a diciembre 2019*

Meses	Radiación Solar Langley (cal/cm <sup>2</sup> )
ene-19	434,87
feb-19	452,50
mar-19	454,94
abr-19	459,87
may-19	432,32
jun-19	323,37
jul-19	268,10
ago-19	247,42
sep-19	280,83
oct-19	263,26
nov-19	285,63
dic-19	441,16

Fuente: Datos recolectados registro mensual

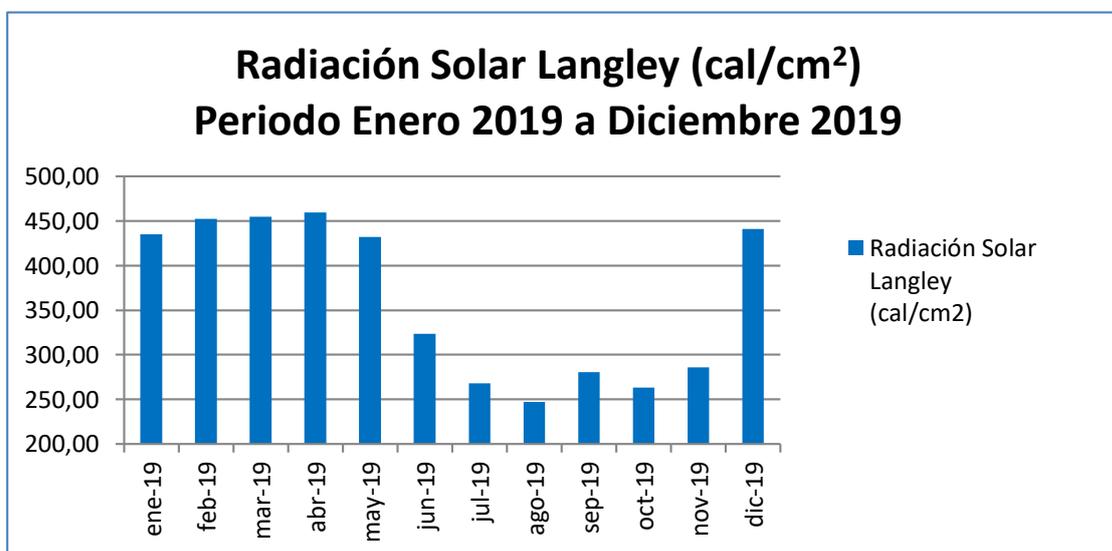


Figura 3.10 Promedio de la Radiación periodo enero 2019 a diciembre 2019

Con respecto a la radiación solar (cal/cm<sup>2</sup>), la Figura 3.10 muestra que se dio con mayor índice los meses de febrero con 452,50cal/cm<sup>2</sup>, marzo con 454,94cal/cm<sup>2</sup> y abril con 459,87 cal/cm<sup>2</sup>; básicamente los primeros cinco meses del año con los índices más altos; mientras que para el periodo junio a noviembre bajó considerablemente; nuevamente sube para el mes de diciembre con 441,16 cal/cm<sup>2</sup>.

### 3.10.6 Promedio de la velocidad del viento durante el periodo enero 2019 a diciembre 2019

En la Tabla 3.10 se observan los datos de promedios de la velocidad del viento registrados durante el periodo enero a diciembre de 2019:

Tabla 3.10  
*Promedio de la velocidad del viento Km/h*

Meses	Viento Velocidad Km/h
ene-19	5,85
feb-19	4,40
mar-19	6,98
abr-19	6,64
may-19	8,48
jun-19	8,09
jul-19	7,68
ago-19	8,30
sep-19	7,49
oct-19	7,33
nov-19	9,52
dic-19	9,16

Fuente: Datos recolectados registro mensual

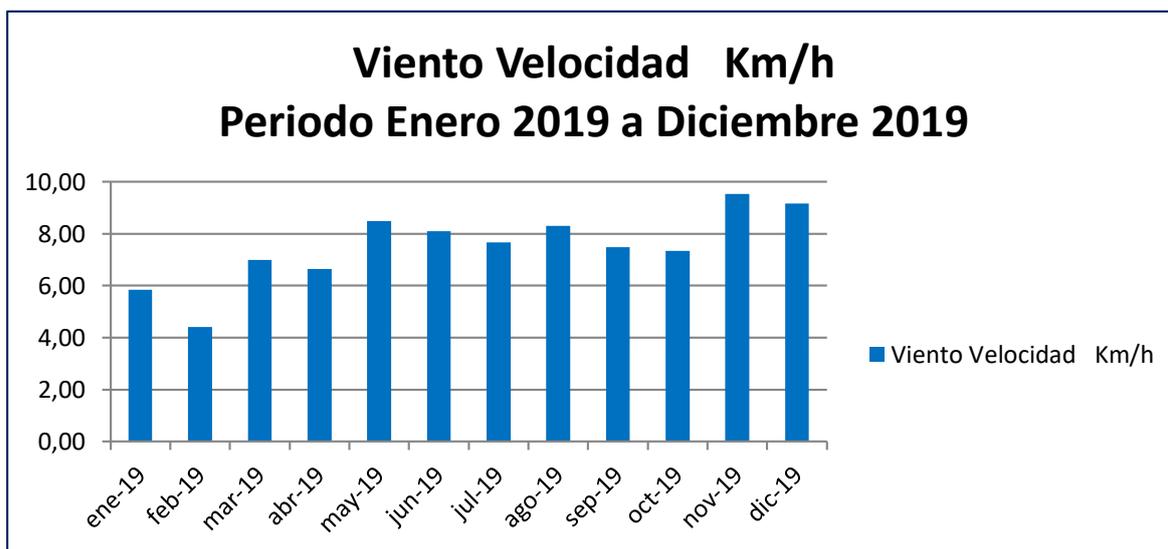


Figura 3.11 Viento Velocidad km/h periodo enero 2019 a diciembre 2019

La Figura 3.11 muestra gráficamente el comportamiento de la velocidad del viento; los meses de noviembre y diciembre presentaron mayores índices de velocidad, con 9,52km/h y 9,16km/h respectivamente; mientras que los meses enero y febrero 5,85km/h y 4,40km/h, respectivamente.

La Tabla 3.11, muestra el promedio de la velocidad del viento recorrido en kilómetro diario, durante el año 2019:

Tabla 3.11  
*Promedio de la velocidad del viento km.día*

Meses	Viento Recorrido Km. Día
ene-19	140,39
feb-19	106,00
mar-19	167,77
abr-19	159,90
may-19	203,74
jun-19	194,40
jul-19	184,68
ago-19	199,61
sep-19	180,13
oct-19	176,19
nov-19	228,53
dic-19	219,81

Fuente: Datos recolectados registro mensual

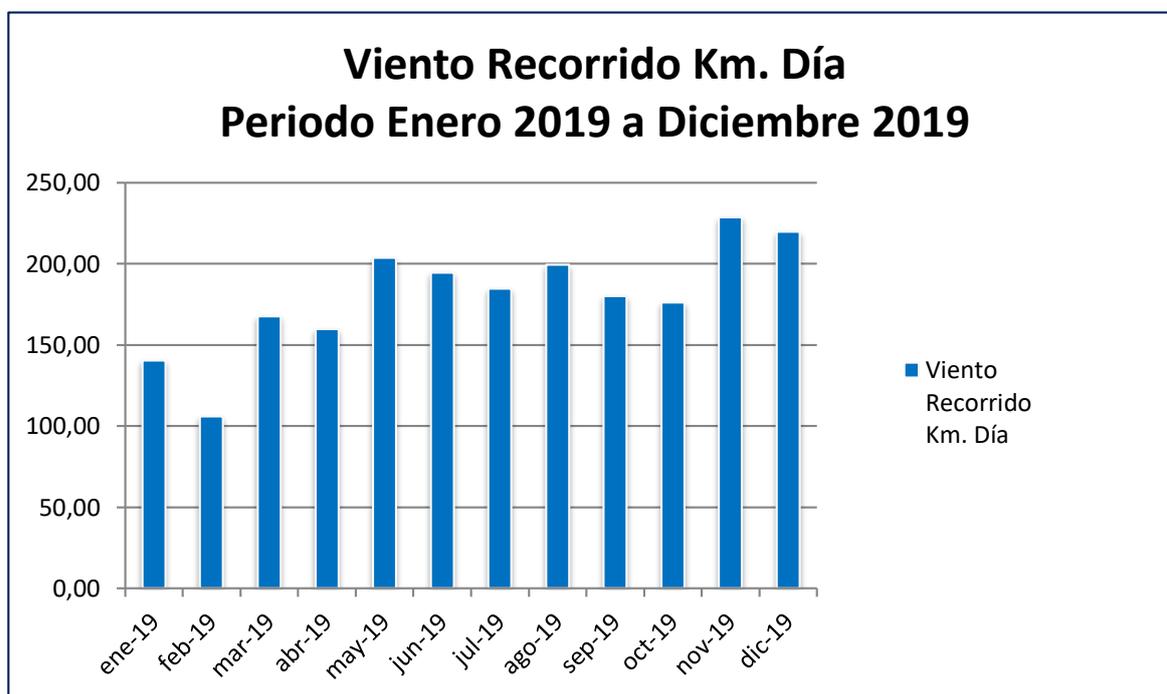


Figura 3.12 Viento Velocidad del viento km.día - periodo enero 2019 a diciembre 2019

En la Figura 3.12, se observan los datos recolectados de acuerdo al comportamiento de la velocidad del viento y su recorrido en kilómetros diarios, presenta mayor índice de velocidad para los meses noviembre y diciembre con 228,53 y 219,81 km.día respectivamente; los más bajos para los meses enero y febrero 140,39km.día y 106km.día, respectivamente.

## CAPÍTULO 4

### Resultados

La producción de flor de sal se ve influenciada por los distintos factores climáticos que directamente inciden en la misma. Los primeros cristales de sal que se forman y permanecen en la superficie de las salinas, deben ser recolectados de manera adecuada para evitar que estos toquen fondo y se pierdan. De esta manera, todo el proceso en la producción y cosecha de la flor de sal, debe ser debidamente supervisado, y cada etapa debe desarrollarse con la forma más cuidadosa posible, sin obviar las normas de higiene y salubridad que agregan valor al producto.

Tomando en cuenta los datos recolectados durante los 134 días en que se obtuvo cosecha de la flor de sal, se utiliza un modelo de regresión lineal para conocer la relación entre las variables y se realiza un análisis descriptivo de las variables de estudio utilizando el Software Estadístico Rstudio, lo cual permite conocer el comportamiento de las variables durante el año de producción estudiado. Se pretende conocer si existe una correlación entre las mismas para determinar los niveles óptimos o más convenientes en que se puede producir la mayor cantidad de flor de sal.

En virtud de lo señalado, se realiza el análisis de las variables que intervienen en el proceso de producción de la flor de sal tales como:

- Temperatura Promedio °C
- Humedad relativa
- Cosecha
- Gravedad Específica
- Evaporación de la salmuera
- Radiación Solar
- Viento Recorrido km/día.

#### **4.1. Correlación de las variables de estudio**

Este apartado tiene por finalidad analizar la forma y la intensidad de correlación entre las variables predictoras y la variable de respuesta, a estas medidas se les llama medidas de correlación, cuando las variables son numéricas u ordinales, y medidas de asociación si las variables son nominales (Vásquez, 2016).

##### **4.1.1 Correlación de la Cosecha & Gravedad Específica Año 2019**

Se muestran las correlaciones entre la cosecha y cada una de las variables predictoras; los diagramas de dispersión son una buena herramienta para visualizar el tipo de correlación entre las variables. Un modelo es el coeficiente de correlación lineal de Pearson, el cual determina el grado de correlación entre las variables. Al procesar los datos en R studio (Ver Apéndice A, para el código respectivo), se obtuvo los siguientes resultados:

- La correlación entre la cosecha y la gravedad específica es de -0.21421928 lo que indica que existe una correlación negativa, es decir, las variables se correlacionan en sentido inverso, cuando la variable de respuesta (cosecha) aumenta, la variable predictora (gravedad específica) suele corresponder con valores bajos, y viceversa.
- Los resultados del valor p (p-value) se mide entre 0 y 1 y permite contrastar las hipótesis, permitiendo determinar si un resultado es estadísticamente significativo, rechazándose la hipótesis nula si se corresponde con un valor p igual o inferior al nivel de significación ( $p \leq 0,05$ ).

#### **Resultado de p-value en correlación cosecha y gravedad específica**

p – valúe = 0.01294

#### **Planteamiento de hipótesis:**

Ho = La gravedad específica promedio de 1,275 no se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

H1 = La gravedad específica promedio de 1,275 se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el p-value se mantiene a una distancia significativa respecto a 0.05 lo que conlleva a rechazar la hipótesis nula, mientras más bajo es el p-valúe más fuerte es la evidencia para rechazar la hipótesis nula. En este sentido, la gravedad específica promedio de 1,275 si incide directamente en la cosecha de flor de sal, obsérvese la Figura 4.13:

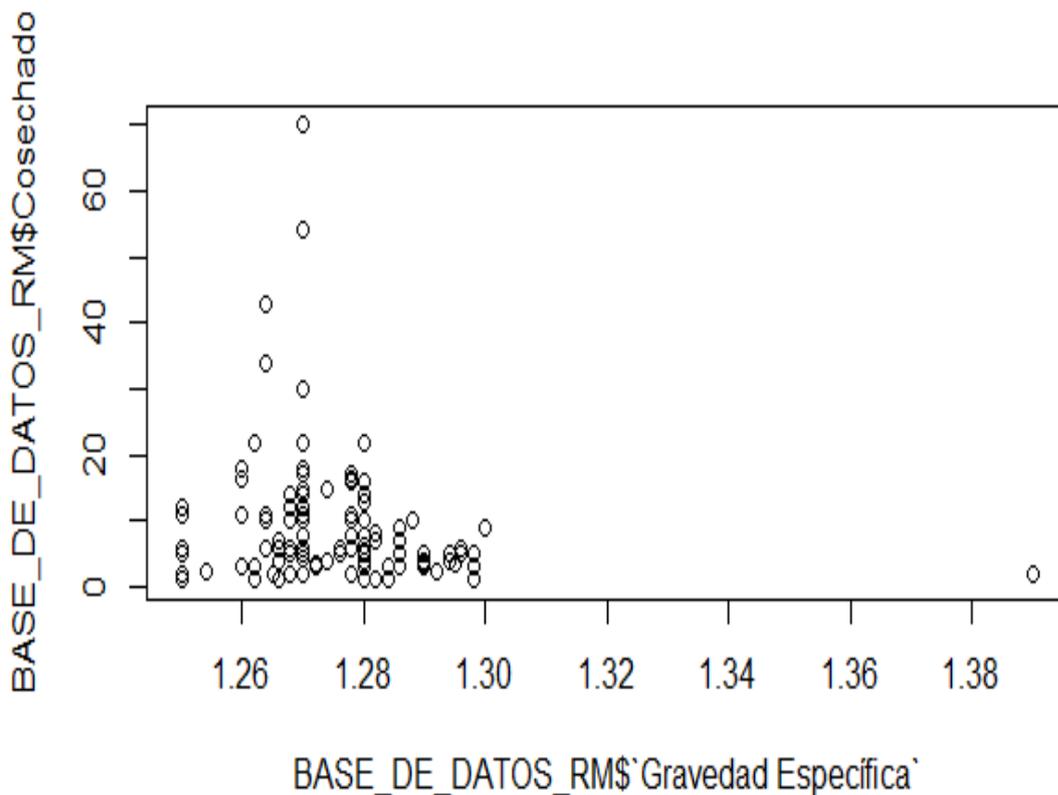


Figura 4.13 Cosecha & Gravedad Específica Año 2019  
Fuente: Datos procesados en el programa estadístico R

Se observa en la Figura 4.13, el diagrama de dispersión donde se visualiza una tendencia descendente, indicando que la correlación es negativa entre la cosecha y la gravedad específica.

#### 4.1.2 Correlación de la Cosecha & Temperatura Promedio Año 2019

Al procesar los datos en R studio (Ver Apéndice A.1), se obtuvo como resultado que la correlación entre la cosecha y la temperatura promedio es de 0.39726354 lo que indica que existe una correlación positiva perfecta, es decir, las variables se correlacionan en el mismo sentido, cuando la variable de

respuesta (cosecha) aumenta, la variable predictora (temperatura promedio) suele corresponder con valores altos, y viceversa.

Ho = La Temperatura Promedio de 25,45°C no se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

H1 = La Temperatura Promedio de 25,45°C se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

**Resultados del p-value:** p – valúe = 2.008e-06

De acuerdo a los resultados obtenidos, el p-value se mantiene a una distancia significativa respecto a 0.05 lo que conlleva a rechazar la hipótesis nula, mientras más bajo es el p-valúe más fuerte es la evidencia para rechazar la hipótesis nula. En este sentido, la temperatura promedio de 25,45°C, se relaciona directamente con la cosecha de flor de sal. Obsérvese en la Figura 4.14 diagrama de dispersión de la correlación:

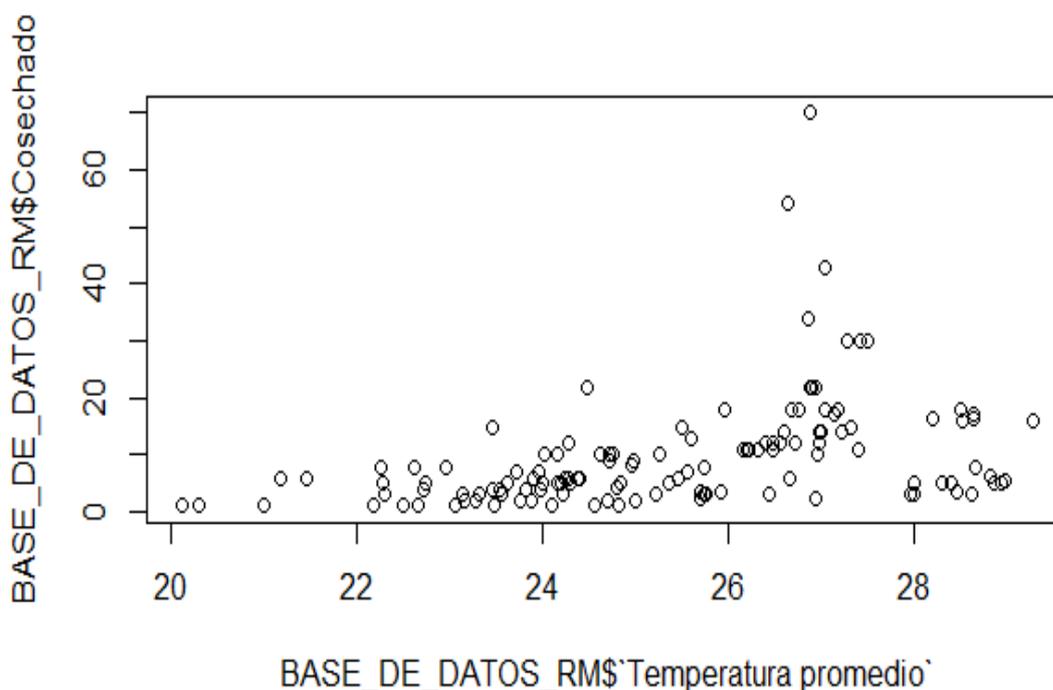


Figura 4.14 Cosecha & Temperatura promedio Año 2019  
Fuente: Datos procesados en el programa estadístico R

Se observa en la Figura 4.14, el diagrama de dispersión donde se visualiza una tendencia ascendente, indicando que la correlación es positiva entre la cosecha y temperatura promedio.

### 4.1.3 Correlación de la Cosecha & Humedad Relativa Promedio Año 2019

Los datos en R studio (Ver Apéndice A.2), arrojaron como resultado que la correlación entre la cosecha y la humedad relativa promedio es de  $-0.05327093$  lo que indica que existe una correlación negativa perfecta, es decir, las variables se correlacionan en sentido contrario, cuando la variable de respuesta (cosecha) aumenta, la variable predictora (humedad relativa) suele corresponder con valores bajos, y viceversa.

Ho = La humedad relativa promedio de 75,13 no se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

H1 = La humedad relativa promedio de 75,13 se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

**Resultado del p-valúe:** P – valúe = 0,541

Por lo tanto, el resultado obtenido es de p – valúe mayor a 0.05 lo que conlleva a no rechazar la hipótesis nula, en este sentido, se acepta que la humedad relativa promedio de 75,13 no se relaciona directamente con la cosecha. Obsérvese la Figura 4.15 diagrama de dispersión de la correlación:

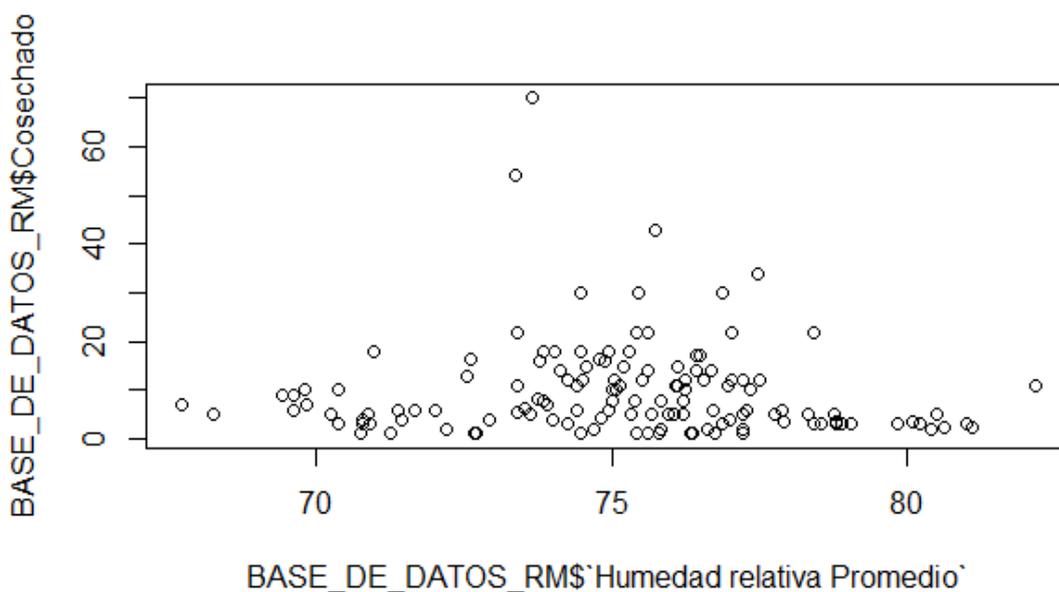


Figura 4.15 Cosecha & Humedad Relativa Año 2019  
Fuente: Datos procesados en el programa estadístico R

Se observa en la Figura 4.15, el diagrama de dispersión donde se visualiza una tendencia descendente, indicando que la correlación es negativa entre la cosecha y humedad relativa.

#### 4.1.4 Correlación de la Cosecha & Evaporación de Salmuera Año 2019

Los datos procesados en R studio (Ver Apéndice A.3.), dieron como resultado que la correlación entre la cosecha y la evaporación de salmuera es de 0.52327931 lo que indica que existe una correlación moderada, es decir, las variables se correlacionan en el mismo sentido, cuando la variable de respuesta (cosecha) aumenta, la variable predictora (evaporación de salmuera) suele corresponder con valores altos, y viceversa.

Ho = La Evaporación de Salmuera promedio de 0,2296cm no se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

H1 = La Evaporación de Salmuera promedio de 0,2296cm se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

**Resultado del p-valúe:** P – valúe = 8.765e-11

De acuerdo al resultado obtenido en p – valúe, está totalmente distante de 0.05 lo que conlleva a rechazar la hipótesis nula, en este sentido, se acepta que la evaporación de salmuera si guarda una relación directa con la cosecha de flor de sal.

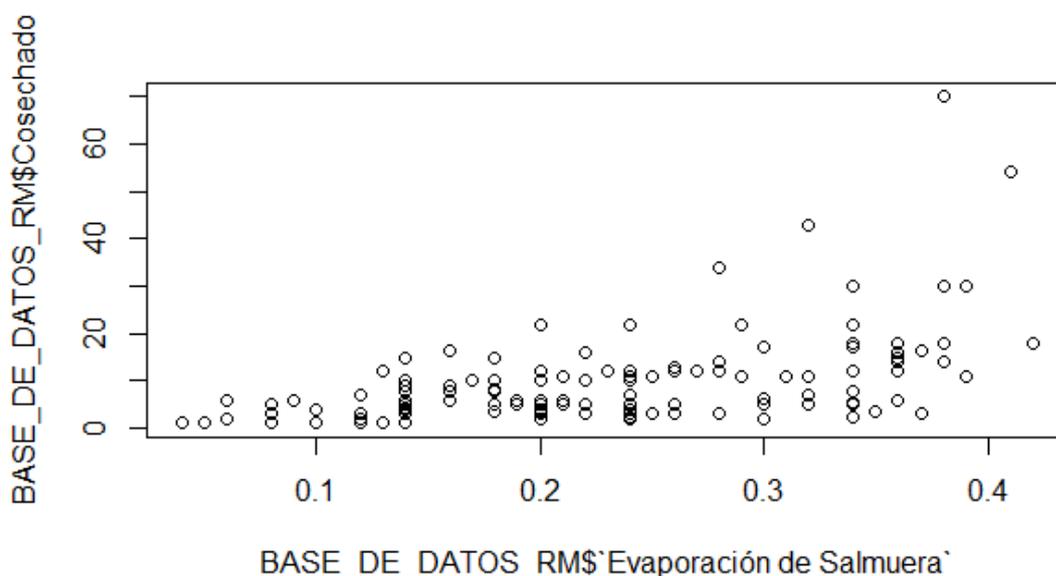


Figura 4.16 Cosecha & Evaporación de Salmuera Año 2019  
Fuente: Datos procesados en el programa estadístico R

Se observa en la Figura 4.16, el diagrama de dispersión donde se visualiza una tendencia ascendente, indicando que la correlación es positiva entre la cosecha y la evaporación de salmuera.

#### 4.1.5 Correlación de la Cosecha & Radiación Solar Promedio Año 2019

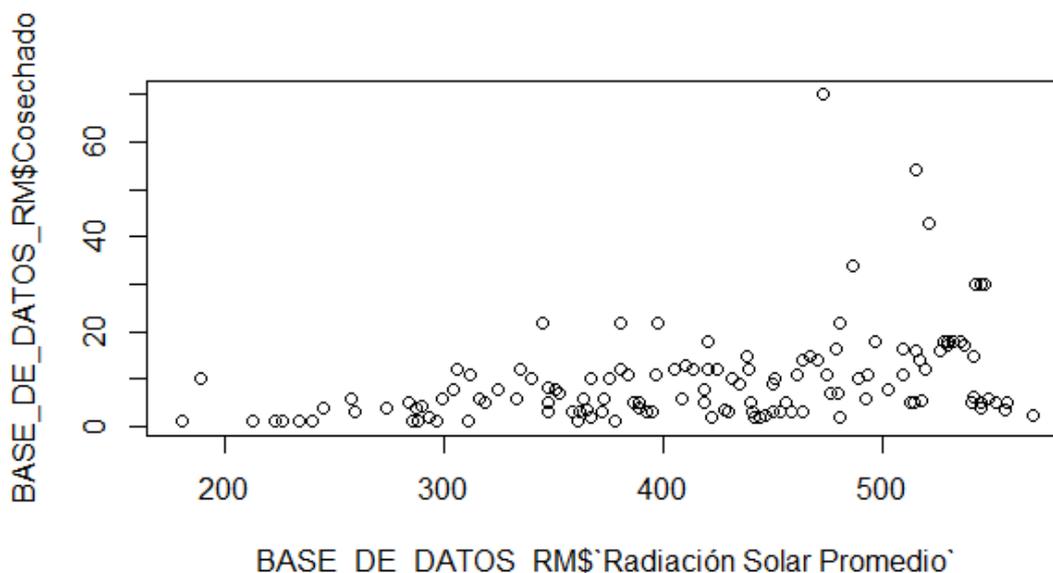
Los datos procesados en R studio (Ver Apéndice A.4), precisaron que la correlación entre la cosecha y la radiación solar es de 0.38925521 lo que indica que existe una correlación mediana, es decir, las variables se correlacionan en el mismo sentido, cuando la variable de respuesta (cosecha) aumenta, la variable predictor (radiación solar) suele corresponder con valores altos, y viceversa.

Ho = La Radiación Solar promedio de 416,10 cal/cm<sup>2</sup> no se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

H1 = La Radiación Solar promedio de 416,10 cal/cm<sup>2</sup> se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

**Resultado del p-valúe:** P – valúe = 3.345e-06

El resultado obtenido en p – valúe, está totalmente distante de 0.05 lo que conlleva a rechazar la hipótesis nula, en este sentido, se acepta la hipótesis alternativa indicando que la radiación solar se relaciona directamente con la cosecha de flor de sal, como se observa en la Figura 17:



*Figura 4.17 Cosecha & Radiación Solar Año 2019*  
Fuente: Datos procesados en el programa estadístico R

Se observa en la Figura 4.17, el diagrama de dispersión donde se visualiza una tendencia ascendente, indicando que la correlación es medianamente positiva entre la cosecha y la radiación solar.

#### 4.1.6 Correlación de la Cosecha & Velocidad del viento Año 2019

Los datos procesados en R studio (Ver Apéndice A.5), dieron como resultado que la correlación entre la cosecha y la velocidad del viento es de -0.04705797 lo que indica que existe una correlación negativa, es decir, las variables se correlacionan en sentido opuesto, cuando la variable de respuesta (cosecha) aumenta, la variable predictora (velocidad del viento) suele corresponder con valores bajos, y viceversa.

##### Planteamiento de hipótesis:

Ho = El recorrido del viento en kilómetros promedio de 7,4589 km/h no se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

H1 = El recorrido del viento en kilómetros promedio de 7,4589 km/h se relaciona directamente con la cosecha de la flor de sal.

##### Resultado del p-valúe: P – valúe = 0.5892

El resultado obtenido en p – valúe, está por encima del valor de 0.05 lo que conlleva a aceptar la hipótesis nula, en este sentido, se acepta la hipótesis que indica que la velocidad del viento no tiene relación directa con la cosecha de la flor de sal, como se observa en la Figura 18.

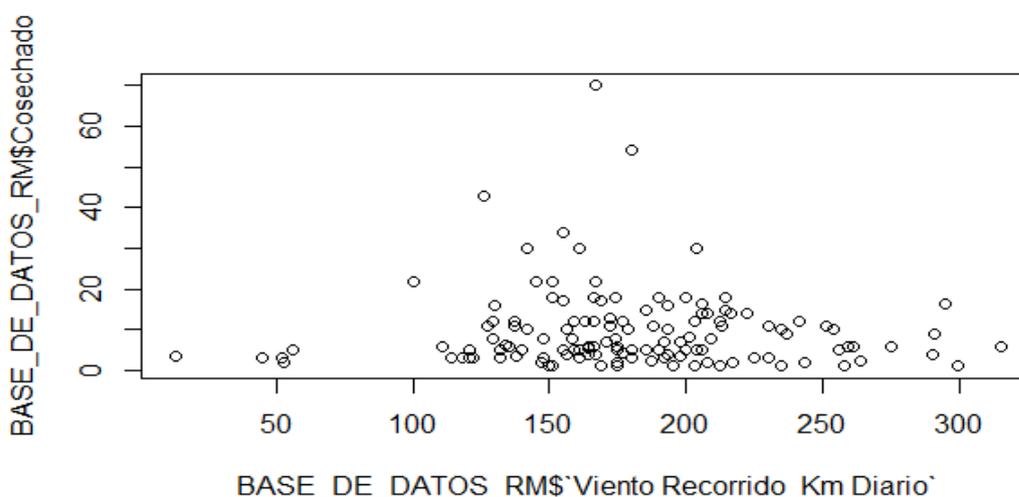


Figura 4.18 Cosecha & Velocidad del Viento Año 2019  
Fuente: Datos procesados en el programa estadístico R

Se observa en la Figura 4.18, el diagrama de dispersión donde se visualiza que la correlación es negativa entre la cosecha y la velocidad del viento.

## **4.2 Análisis Estadístico Descriptivo de las variables de estudio**

### **Mínimos, máximos, cuartiles, medias y medianas**

#### **Cosecha**

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de R Studio (Ver Apéndice A.7), se puede observar que la cosecha tiene un mínimo de 0.000 y un máximo de 70 kilos en el año 2019. El 25% de los valores obtenidos es de 0 kilos. Mientras que el 75% de los días de cosecha tienen un promedio de 5 kilos, y una media total de 3,58 kilos.

#### **Gravedad Específica**

Según los datos obtenidos a través de R Studio (Ver Apéndice A.7), se puede observar que la gravedad específica tiene un valor mínimo de 1.250 y un máximo de 1.390 en todo el año 2019. De igual forma el 1er cuartil indica que el 25% de los valores referidos al comportamiento que tuvo la gravedad específica en el año 2019 ha sido menor o igual a 1,268. Un 75% de los valores es menor o igual a 1,280 solo un 25% de los datos supera los valores de 1,280 hasta 1,390 y se obtuvo una gravedad específica media de 1,275 durante el año 2019.

#### **Temperatura promedio**

Según los datos procesados a través de R Studio (Ver Apéndice A.7), La temperatura alcanzó un máximo de 29,28 °C durante el año 2019 y un valor mínimo de 20,10 °C. El 25% de los valores registrados en las lecturas tomadas diariamente fueron menores a 23,99°C y un 75% por debajo de 26,94°C. Mientras que otro 25% de los datos registrados fueron temperaturas entre 26,94°C y 29,28°C. El valor que más se repite de temperatura en el año 2019 fue de 25,58°C.

#### **Humedad relativa**

En cuanto a la humedad relativa, ésta alcanzó un máximo de 82,17% y un mínimo de 67,71%. El 25% de las lecturas tomadas diariamente respecto a la humedad relativa en el año 2019, están por debajo de 73,64% de humedad,

mientras que un 75% presente valores menores a 76,88%. Sólo un 25% de los valores registrados diarios están entre 76,88% y 82,17% de humedad. El valor que más se repite en las lecturas de todo el año 2019, ha sido el de 75,40% de humedad relativa (Ver Apéndice A.7).

### **Evaporación de la Salmuera**

Según los datos procesados de la evaporación de salmuera a través de R Studio (Ver Apéndice A.7) se obtuvo que la evaporación presentó valores mínimos de 0,04cm y como máximo 0,42cm. También se pudo conocer que un 25% de los datos se mostraron por debajo de 0,16cm y un 25% entre 0,30 cm y 0,42 cm. El 75% de los datos registrados fueron menores o iguales a 0,30 cm. El valor más repetido de evaporación fue de 0,2200 cm y la media de 0,2296 cm durante el año 2019.

### **Radiación Solar promedio**

La radiación solar promedio registro como mínimo 180 cal/cm<sup>2</sup> y un máximo de 569 cal/cm<sup>2</sup>, el 25% de los valores registrados de la radiación solar se encuentran menores o igual a 348 cal/cm<sup>2</sup>, y un 25% de los días registró valores entre 493 cal/cm<sup>2</sup> y 569 cal/cm<sup>2</sup>. Durante el año 2019 el valor más repetido en las lecturas tomadas de la radiación solar es de 426 cal/cm<sup>2</sup> y una media de 416,10 cal/cm<sup>2</sup> (Ver Apéndice A.7).

### **Velocidad del Viento en km/h**

Según los datos recolectados diariamente relacionados con la velocidad del viento en km/h durante el año 2019, un 25% de las lecturas reflejan días con velocidad del viento menor o igual a 6,27 km/h; un 75% de los datos recogidos indican que se dio una velocidad del viento menor o igual a 8,58 km/h. Solo un 25% de los datos registrados indican que se generó vientos entre 8,58 km/h y 13,16 km/h. La mediana o dato más repetido en el año 2019 ha sido de 7,28 km/h. El mínimo registrado es de 0,53 km/h y el máximo de 13,16 km/h (Ver Apéndice A.7).

### **Velocidad del Viento recorrido km/día**

La velocidad del viento recorrido en kilómetro por día cosechado, ha presentado registros mínimos de 13 km/día y un máximo de 315 km/día. El 25% de los datos registrados son iguales o menores a 151 km/día y un 25% entre 206 km/día y 315 km/día. Un 75% de los datos recogidos indican que se registraron vientos con velocidad diaria menor o igual a 206 km/día. La mediana al igual que la media de los datos recolectados es de 179 km/día (Ver Apéndice A.7).

### 4.3 Comportamiento mensual de la variable de respuesta y cada una de las variables predictoras.

Las mayores cantidades de cosecha de flor de sal, se presentaron durante el segundo trimestre del año 2019, y se registraron los datos de las variables predictoras a fin de conocer el efecto que tienen en los días con mayor cosecha, en este sentido, se muestra a continuación la relación entre las variables predictoras y de repuesta.

#### 4.3.1 Relación cosecha y Temperatura Año 2019

A continuación, se muestra en la Tabla 4.12, las cantidades mensuales cosechadas de flor de sal y la temperatura promedio mensual, durante el 2019:

Tabla 4.12  
*Relación cosecha y Temperatura Año 2019*

Meses	Cosechado Mensual Kg	Promedio Temperatura °C
ene-19	29	25,81
feb-19	35	27,88
mar-19	278,2	28,05
abr-19	397	27,05
may-19	209	26,19
jun-19	121,6	24,81
jul-19	75	22,50
ago-19	8	21,06
sep-19	20	21,38
oct-19	32	22,70
nov-19	40	23,85
dic-19	63	24,48

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)

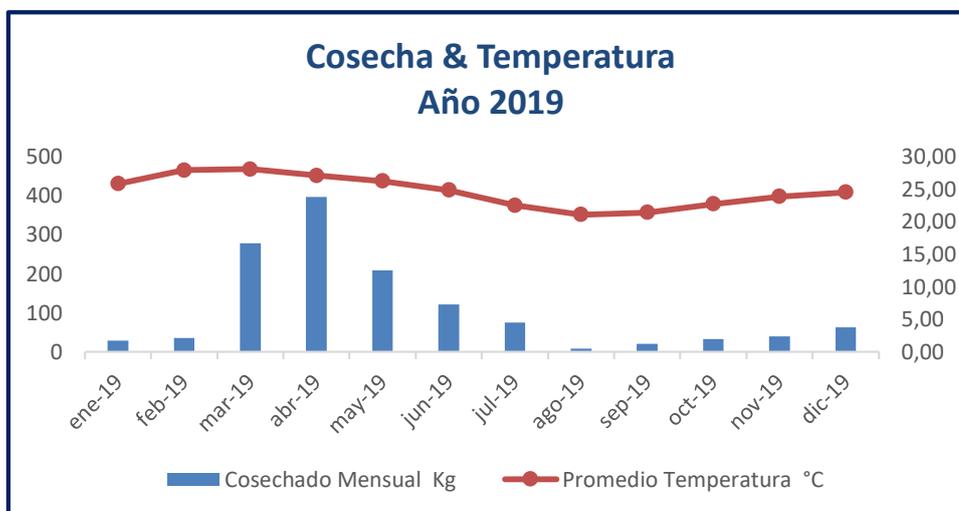


Figura 4.19 Relación Cosecha y Temperatura Año 2019

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa

Se observa en la Figura 4.19, que la mayor cantidad de cosecha se da entre los meses marzo, abril y mayo en cantidades de 278,2 kg, 397 kg y 209 kg,

respectivamente, con temperaturas entre 26,19°C y 28,05°C. Las mínimas se presentaron en los meses de enero, febrero agosto y septiembre.

### 4.3.2 Relación cosecha y humedad relativa Año 2019

A continuación, se muestra en la Tabla 4.13, las cantidades mensuales cosechadas de flor de sal y la humedad relativa, durante el 2019:

Tabla 4.13  
Relación cosecha y humedad relativa Año 2019

Meses	Cosechado Mensual Kg	Promedio Humedad %
ene-19	29	79,34
feb-19	35	79,53
mar-19	278,2	74,65
abr-19	397	75,81
may-19	209	75,51
jun-19	121,6	74,95
jul-19	75	76,88
ago-19	8	77,70
sep-19	20	74,97
oct-19	32	71,32
nov-19	40	71,75
dic-19	63	76,77

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)

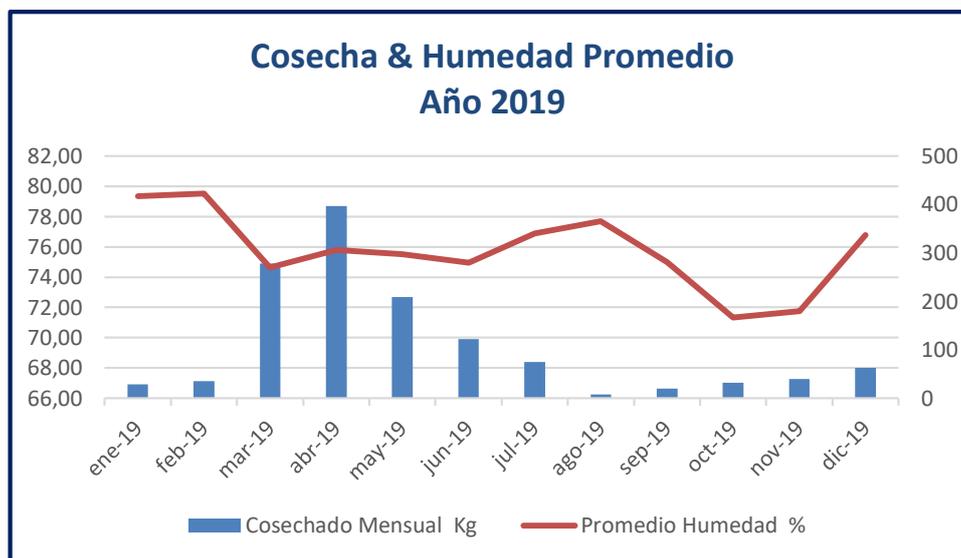


Figura 4.20 Relación Cosecha y Humedad Año 2019

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa

Se observa en la Figura 4.20, que la humedad más alta se presentó en los meses de enero y febrero. Para los meses de marzo, abril y mayo estuvo aproximadamente entre 74% y 75% de humedad, siendo los meses en que se dio la mayor cosecha de flor de sal. Los meses con valores de humedad muy altos inciden en la poca o nula producción de flor de sal.

### 4.3.3 Relación Cosecha y Evaporación de Salmuera Año 2019

A continuación, se muestra en la Tabla 4.14, las cantidades mensuales cosechadas de flor de sal y la evaporación de salmuera, durante el 2019:

Tabla 4.14  
*Relación cosecha y Evaporación de Salmuera Año 2019*

Meses	Cosechado Mensual Kg	Evaporación de salmuera (cm)
ene-19	29	7,83
feb-19	35	4,99
mar-19	278,2	9,10
abr-19	397	9,71
may-19	209	9,03
jun-19	121,6	5,44
jul-19	75	3,05
ago-19	8	3,04
sep-19	20	4,00
oct-19	32	3,55
nov-19	40	3,29
dic-19	63	6,83

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)



Figura 4.21 Relación Cosecha y Evaporación de Salmuera Año 2019  
Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa

De acuerdo a las lecturas diarias tomadas por la empresa, en la Figura 4.21 se puede observar que la evaporación de salmuera presentó los valores más altos entre 9 y 9,70 cm en los meses de marzo, abril y mayo, siendo estos de mayor cosecha. La evaporación índice directamente en la producción de flor de sal, mientras se dé mayor evaporación, la cosecha aumenta. Los meses más bajo en producción de agosto a octubre, presentan evaporación por debajo de 4cm.

#### 4.3.4 Relación Cosecha y Radiación Solar Año 2019

A continuación, se muestra en la Tabla 4.15, las cantidades mensuales cosechadas de flor de sal y la radiación solar promedio, durante el 2019:

Tabla 4.15  
*Relación cosecha y Radiación Solar Año 2019*

Meses	Cosechado Mensual Kg	Radiación Solar Langley (cal/cm2)
ene-19	29	434,87
feb-19	35	452,50
mar-19	278,2	454,94
abr-19	397	459,87
may-19	209	432,32
jun-19	121,6	323,37
jul-19	75	268,10
ago-19	8	247,42
sep-19	20	280,83
oct-19	32	263,26
nov-19	40	285,63
dic-19	63	441,16

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)

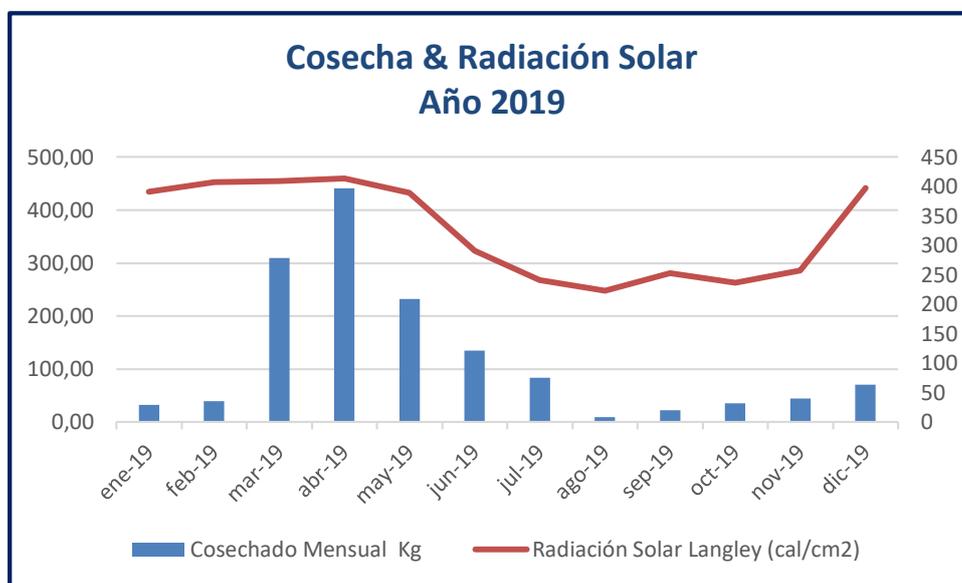


Figura 4.22 Relación Cosecha y Radiación Solar Año 2019

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa

En la Figura 4.22 se observa que la radiación solar con mayores índices se dio para los meses marzo a mayo de 2019, coincidiendo con los meses en que se obtuvo la mayor cantidad de cosecha de flor de sal, bajando casi a la mitad de los valores durante los siguientes seis meses. La radiación solar incide altamente en la producción de flor de sal. Los meses con mayor producción registraron radiación de 432 cal/cm<sup>2</sup> a 452 cal/cm<sup>2</sup>.

### 4.3.5 Relación Cosecha y viento velocidad km/h Año 2019

A continuación, se muestra en la Tabla 4.16, las cantidades mensuales cosechadas de flor de sal y la radiación solar promedio, durante el 2019:

Tabla 4.16  
Relación cosecha y viento velocidad km/h Año 2019

Meses	Cosechado Mensual Kg	Viento Velocidad Km/h
ene-19	29	5,85
feb-19	35	4,40
mar-19	278,2	6,98
abr-19	397	6,64
may-19	209	8,48
jun-19	121,6	8,09
jul-19	75	7,68
ago-19	8	8,30
sep-19	20	7,49
oct-19	32	7,33
nov-19	40	9,52
dic-19	63	9,16

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)

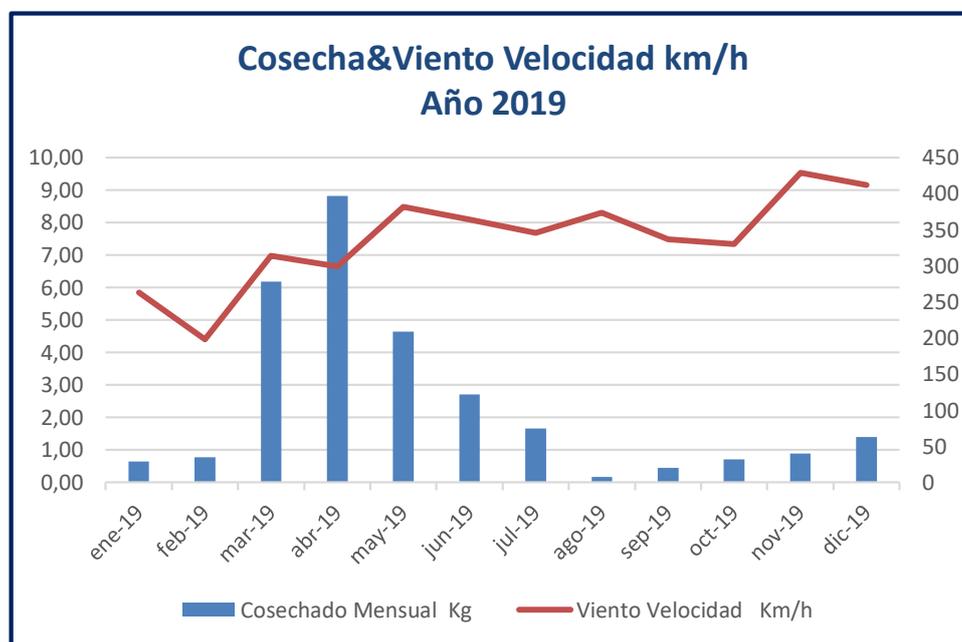


Figura 4.23 Relación Cosecha y Velocidad del Viento Año 2019

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa

En la Figura 4.23 se observa que la velocidad del viento en kilómetro por hora mostró valores bajos entre los meses febrero y mayo de 2019. A partir del mes de mayo los valores aumentan, es decir la velocidad del viento es mayor, siendo más elevado para el mes de diciembre. El comportamiento del viento incide considerablemente en la cosecha de la flor de sal, si se dan vientos muy fuertes, impiden una cosecha óptima.

### 4.3.6 Relación Cosecha y Viento Recorrido km.día Año 2019

A continuación, se muestra en la Tabla 4.17, las cantidades mensuales cosechadas de flor de sal y viento recorrido en kilómetro por día, durante el año 2019:

Tabla 4.17  
Relación cosecha y viento recorrido km/día Año 2019

Meses	Cosechado Mensual	Viento Recorrido Km.
	Kg	Día
ene-19	29	140,39
feb-19	35	106,00
mar-19	278,2	167,77
abr-19	397	159,90
may-19	209	203,74
jun-19	121,6	194,40
jul-19	75	184,68
ago-19	8	199,61
sep-19	20	180,13
oct-19	32	176,19
nov-19	40	228,53
dic-19	63	219,81

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)



Figura 4.24 Relación Cosecha y Viento recorrido km/día Año 2019

Fuente: Datos obtenidos en lecturas diarias realizadas por la empresa

En la Figura 4.24, se aprecia que la velocidad del viento en kilómetros por días se presentó con menor intensidad en los primeros tres meses del año. Los registros más altos se dan entre los meses de junio a diciembre de 2019. El viento influye en la cosecha, por lo tanto, es necesario que la velocidad no sea fuerte para poder realizar una cosecha con resultados positivos.

#### 4.3.7 Días con mayor producción en los meses y el comportamiento de las variables

A continuación, se muestra en la Tabla 4.18 un resumen de los días con mayor cantidad de cosecha en cada uno de los meses, a fin de conocer el comportamiento de todas las variables predictoras, justo el día de mayor cosecha de flor de sal:

Tabla 4.18  
*Días con mayor producción de flor de sal en los meses Año 2019*

Meses	Día	Cosechado Kg	Gravedad Específica (Piscinas)	Temperatura promedio °C	Humedad relativa Promedio %	Evaporación de Salmuera cm	Radiación Solar Promedio Langley (cal/cm2)	Viento Velocidad Km/h	Viento Recorrido Km. Día
Enero	1	5	1,250	25,36	80,50	0,21	389	7,72	185
Febrero	21	5	1,290	28,94	76,04	0,34	513	2,34	56
Marzo	25	70	1,270	26,89	73,67	0,38	473	6,96	167
Abril	5	43	1,264	27,03	75,75	0,32	522	5,20	126
Mayo	8	18	1,270	26,77	75,29	0,36	528	8,31	200
Junio	27	22	1,280	24,49	73,42	0,20	481	6,94	167
Julio	8	15	1,270	23,47	74,58	0,14	467	7,70	185
Agosto	20	6	1,268	21,18	77,29	0,16	493	6,89	166
Septiem	27	7	1,266	23,72	69,83	0,32	480	7,97	192
Octubre	30	7	1,286	23,97	67,71	0,24	477	7,09	171
Noviem	28	10	1,280	24,71	69,79	0,20	432	8,05	193
Diciem	6	10	1,288	24,75	70,38	0,18	489	10,58	254

Fuente: Datos obtenidos de lecturas diarias realizadas por la empresa (2019)

Se observa en la tabla 4.18, los datos principales de los meses y días específicos en que se obtuvo la mayor cantidad de flor de sal durante el año 2019. De acuerdo a los resultados, el mes de marzo fue el mes con mayor cosecha, específicamente el día 25 se obtuvo 70kg de flor de sal. La gravedad específica del día 25 de marzo fue de 1.270, una temperatura promedio de 26,89°C, humedad relativa de 73,67, se dio una evaporación de la salmuera de 0,38cm y una radiación solar de 473 cal/cm<sup>2</sup>, así como la velocidad del viento fue de 6,96 km/h

En el mes de abril también se obtuvo una cosecha alta el día 5, con 43kg de flor de sal. El 5 de abril la gravedad específica estuvo en 1.264, una temperatura promedio de 27,03 °C, una humedad relativa de 75,75%, una evaporación de 0,32 cm con una radiación solar de 522 cal/cm<sup>2</sup>. El día 5 con una velocidad baja del viento en 5,22 km/hora. Se puede observar que la radiación solar influye considerablemente en la producción de flor de sal, también la evaporación alta influye. Al igual que la temperatura promedio entre 26°C y 27°C, mientras más alta se puede obtener mayor cosecha.

#### 4.4 Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Este apartado tiene por finalidad describir la metodología para determinar el modelo adecuado de regresión lineal múltiple que relacione de manera óptima las variables predictoras y la variable de respuesta en el proceso de cosecha de la flor de sal. La estimación de los valores de las constantes se realiza al igual que la regresión lineal simple por el método de los mínimos cuadrados.

$$y = (\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \dots + \beta_n X_{ni}) + e_i$$

**Variable respuesta:** Cosecha

**Variables predictoras:**

- Evaporación de Salmuera =  $E_s$
- Gravedad Específica =  $G_e$
- Humedad Relativa Promedio =  $H_r$
- Radiación Solar Promedio =  $R_s$
- Temperatura Promedio =  $T_p$
- Viento Recorrido km/día =  $V_r$

El modelo de regresión está dado por la siguiente ecuación:

$$RL = (\beta_0 + \beta_1 G_e + \beta_2 T_p + \beta_3 H_r + \beta_4 E_s + \beta_5 R_s + \beta_6 V_r) + e$$

$\beta_0$  = Es la ordenada en el origen, el valor de la variable de respuesta, cuando todos los predictores son cero.

$\beta_1 G_e$  = Es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora Gravedad Específica sobre la variable de respuesta Cosecha.

$\beta_2 T_p$  = Es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora Temperatura Promedio sobre la variable de respuesta Cosecha.

$\beta_3 H_r$  = Es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora Humedad Relativa sobre la variable de respuesta Cosecha.

$B_4E_S$  = Es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora Evaporación de Salmuera sobre la variable de respuesta Cosecha.

$\beta_5R_S$  = Es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora Radiación Solar sobre la variable de respuesta Cosecha.

$\beta_6V_r$  = Es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora Velocidad del recorrido del viento sobre la variable de respuesta Cosecha.

$e$  = Es el residuo o error, la diferencia entre el valor observado y el estimado por el modelo.

Es importante tener en cuenta que la magnitud de cada coeficiente parcial de regresión depende de las unidades en las que se mida la variable predictora a la que corresponde, por lo que su magnitud no está asociada con la importancia de cada predictor; del mismo modo, deben cumplirse algunas condiciones, entre otras, las siguientes:

- No colinialidad o multicolinialidad: En los modelos lineales múltiples los predictores deben ser independientes, no debe haber colinialidad entre ellos. La colinialidad ocurre cuando un predictor está linealmente relacionado con uno o varios de los otros predictores del modelo o cuando es la combinación lineal de otros predictores (Amat, 2016)
- Debe existir relación lineal entre los predictores numéricos y la variable respuesta: Es decir, que cada variable predictora debe estar linealmente relacionado con la variable de respuesta.
- Distribución normal de los residuos: Los residuos se deben distribuir de forma normal con media cero. Para comprobarlo se recurre a histogramas, a los cuantiles normales o a test de hipótesis de normalidad (Amat, 2016).

Para establecer un modelo lineal múltiple es necesario estudiar la relación que existe entre las variables; en el presente estudio se toman en consideración

todas las variables predictoras, y se presenta la correlación de la variable de respuesta cosecha, con cada una de las variables predictoras.

#### 4.4.1 Prueba de Normalidad – Shapiro.test

El test de Shapiro-Wilk se usa para contrastar si un conjunto de datos sigue una distribución normal o no; es importante en análisis estadísticos que requieren conocer la normalidad de los datos para poder llevarlos a cabo. Se muestra en la Tabla 4.19, los resultados obtenidos en la prueba de normalidad:

Tabla 4.19

*Prueba de Normalidad Shapiro.test*

Prueba de Normalidad	
<a href="#">&gt; shapiro.test</a>	
data: Gravedad Específica	W = 0.77097, p-value = 3.46e-13
data: Humedad relativa Promedio	W = 0.98486, p-value = 0.1449
data: Evaporación de Salmuera	W = 0.96913, p-value = 0.003853
data: Radiación Solar Promedio	W = 0.96282, p-value = 0.001022
data: Viento Recorrido Km Diario	W = 0.97458, p-value = 0.01298
data: Temperatura promedio	W = 0.97937, p-value = 0.03955

Fuente: Datos procesados en R Studio

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad, se puede observar que los valores menores a 0,05 indican que se rechaza la hipótesis nula que plantea que los datos provienen de una población de distribución normal. Dentro de los valores menores a 0,05 se encuentra las variables gravedad específica, evaporación de salmuera, radiación solar, velocidad del viento. Por otro lado, la temperatura promedio se acerca un poco más a 0,05 sin embargo se sigue rechazando la hipótesis nula. El p-value de la humedad relativa es de 0,1449 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula que indica que los datos están normalmente distribuidos.

#### 4.4.2 Prueba de Normalidad a Residuos– Shapiro.test

Se aplica prueba de normalidad a los residuos (Ver apéndice A.9), se muestra en la Figura 4.25 la distribución de los residuos obtenidos.

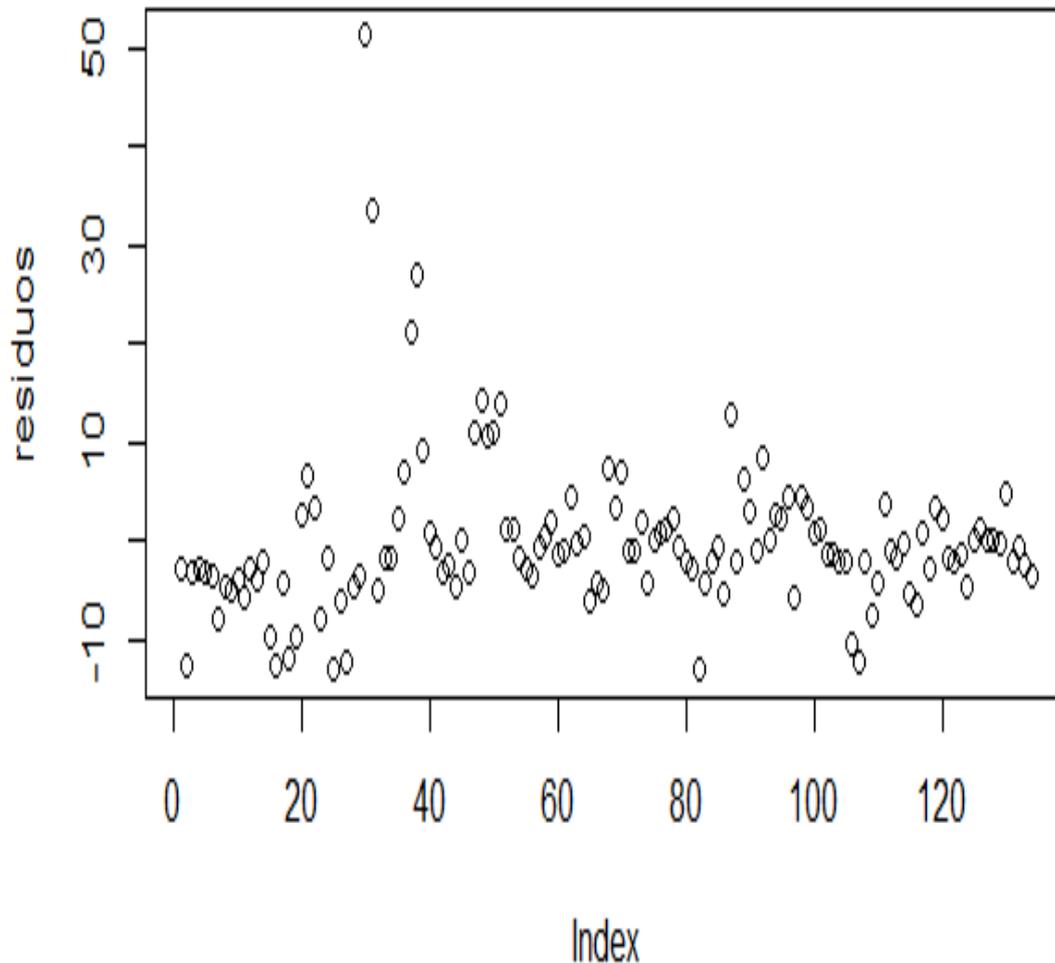


Figura 4.25 Plot Residuos obtenidos  
Fuente: Datos procesados en R Studio

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar la prueba de normalidad a los residuos, se puede observar que el p-valúe es de  $3,404e-13$  lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, los residuos de la modelización no siguen una distribución normal; algunas variables son mayormente influyentes y otras menos influyentes, pero todas intervienen en el proceso de cosecha de la flor de sal.

#### **4.5 Causas que provocan errores en la manipulación de la salmuera y extracción de la Flor de Sal.**

La calidad de un producto radica en el cuidadoso tratamiento que se otorgue a cada una de las actividades en el proceso de producción. La flor de sal amerita ciertas condiciones que si no se controlan puede no obtenerse los resultados esperados.

##### **Problemas presentados en la manipulación:**

- El agua utilizada para recolección se tiene que recoger desde afuera.
- Cuando se extrae la flor de sale debe hacerse de manera cautelosa, sin embargo, debido al poco entrenamiento o capacitación a los colaboradores que realizan esta actividad, ha generado errores en el proceso
- La densidad del agua no se controla.
- La manipulación de la sal amerita el uso de ciertos equipos de protección que permitan la minimización de la contaminación de la sal a través de polvos u otros elementos perjudiciales que afectan la calidad del producto final.
- La flor de sal no pasa por ningún tratamiento en especial riguroso, sino que solo es sacada de los pozos directamente a los escurridores, y posteriormente en envasada para el consumo humano.

Para conocer los errores en la manipulación de la salmuera y la extracción de la sal, se muestra a continuación un Diagrama de Causa y Efecto, a través del cual se pueden representar varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). El Diagrama de Causa y efecto fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio; es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos (Cyta.com, 2018). Se detalla a continuación en la Figura 4.26 el diagrama de causa y efecto vinculado a los errores en la manipulación de la salmuera y la cosecha de flor de sal:

Diagrama de Causa y Efecto

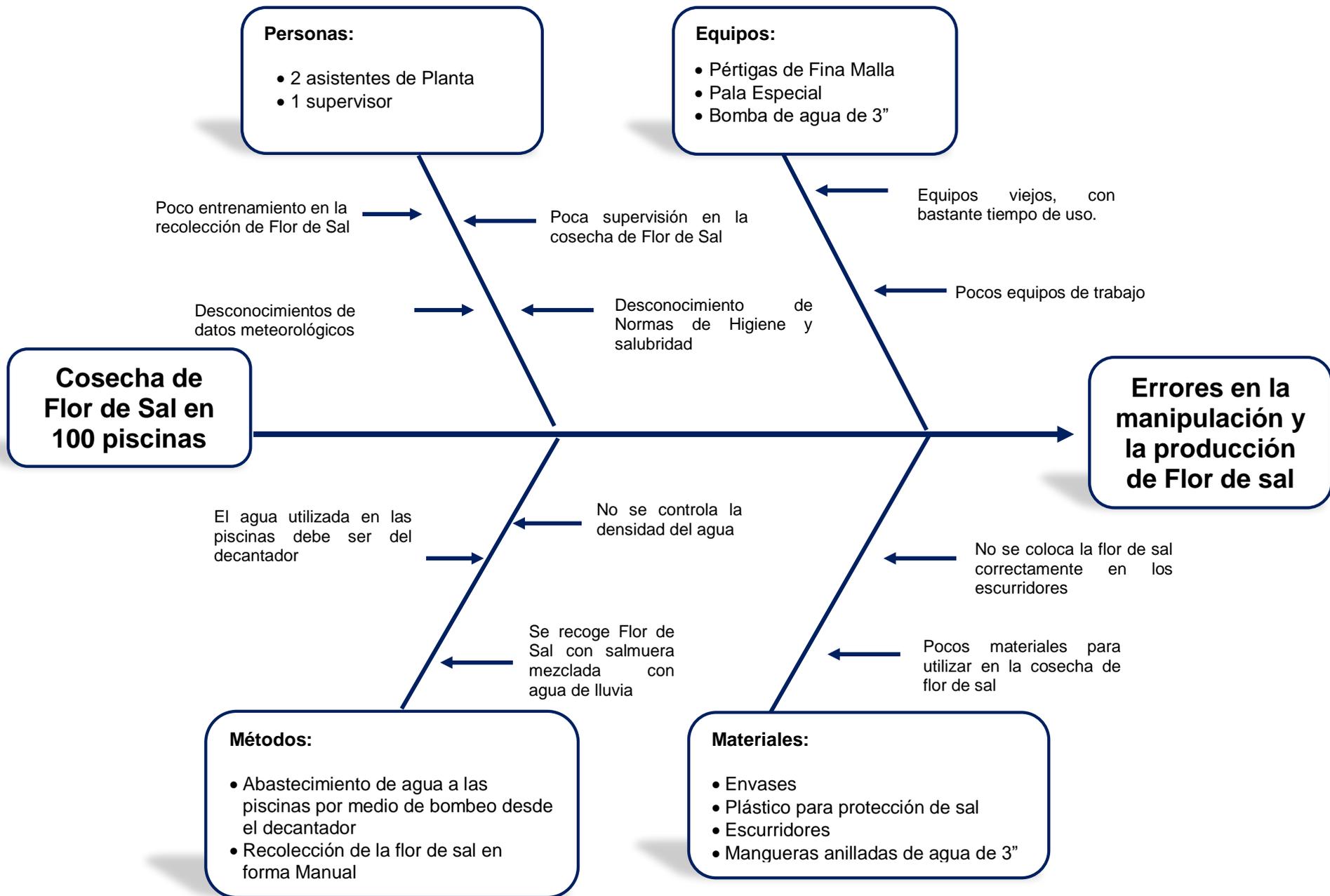


Figura 4.26 Diagrama de Causas y efectos en el tratamiento y cosecha de flor de sal  
Elaboración propia

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha aplicado un modelo de regresión lineal con el propósito de conocer el comportamiento de cada una de las variables de estudio con relación a la variable de respuesta cosecha, y las variables predictoras como la temperatura, la humedad relativa, la evaporación, la radiación solar, el viento y la gravedad específica. Para lo cual se ha utilizado el programa estadístico R Studio Versión 3.6.3, a través del mismo se estimaron todos los datos obtenidos en las lecturas diarias realizadas por la empresa durante el periodo enero a diciembre de 2019, es importante acotar que se tomó en consideración todos los días en que se obtuvo cosecha de flor de sal para el análisis, a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, en total 134 datos u observaciones.
- Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables de estudio, a través del cual se determinó los mínimos, máximos, cuartiles, mediana y media, de cada variable. Se procesaron los datos a través del Programa estadístico R Studio.
- Se determinan las causas que provocan errores en la manipulación de salmuera y extracción de la flor de sal en los pozos, dentro de las que se encuentra la no utilización de equipos de higiene y protección, la poca capacitación que tiene el personal para realizar la extracción de manera cautelosa, no se controla la densidad del agua, entre otras causas. Se presenta un diagrama de causa y efecto, para mayor comprensión del tema.
- De acuerdo a los resultados de los análisis realizados a través de las herramientas procesadas en el estadístico R Studio, se pudo concluir que los niveles óptimos de producción de la flor de sal se ven representados por la participación de todas las variables estudiadas, sin

embargo, las más influyentes han sido la evaporación de salmuera, la humedad relativa y la gravedad específica, según los resultados obtenidos en la aplicación del modelo de regresión lineal múltiple; luego de evaluar los coeficientes, los resultados de los p-valúe fueron los siguientes:

Tabla 5.20

Coeficientes y resultados de evaluación

<b>Coeficientes</b>	<b>Pr (&gt; t )</b>	
`Evaporación de Salmuera`	0.000809	***
`Gravedad Específica`	0.048904	*
`Humedad relativa Promedio`	0.026011	*

Fuente: Datos procesados en R Studio

- Es importante señalar que los valores de los factores influyentes en la fecha de mayor producción y cosecha de la flor de sal, fueron los siguientes:

Tabla 5.21

Valores de las variables predictoras en los días de mayor cosecha

<b>Variables predictoras</b>	<b>Valores en fecha de mayor cosecha de Flor de Sal</b>
`Evaporación de Salmuera`	0,38cm
`Gravedad Específica`	1.270
`Humedad relativa Promedio`	73,67%

Fuente: Datos procesados en R Studio

Para concluir, se señala que las demás variables como la radiación solar, la velocidad del viento y la temperatura, no dejan de ser importantes en el proceso de producción de la flor de sal, aunque con menos influencia igual forman parte fundamental en la producción final.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable que la empresa aplique las estrategias necesarias para lograr que se lleve a cabo todo el proceso de extracción de la flor de sal, de manera adecuada, desde la utilización de equipos de protección e higiene, hasta el envasado final para el consumo de la flor de sal.
- Se recomienda a la gerencia analizar rigurosamente los cambios climáticos con la finalidad de optimizar la producción cuando los distintos elementos o variables que intervienen en la producción de la flor de sal, se encuentren en estados óptimos contribuyendo en sumar valor al producto final.
- Se recomienda a la empresa, realizar los planes de capacitación al personal, con la finalidad de que cada uno de los procesos se realicen de manera cuidadosa agregando calidad en cada procedimiento. De esta manera, la empresa podrá garantizar un producto de excelente calidad que puede ser consumido con toda la confianza por parte de la población en general.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMASAL. (2015). *SAL Y SALUD*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de Asociación Mallorquina de Sal: <http://www.amasal.com/es/la-sal/sal-y-salud>
- Amat, J. (Julio de 2016). *Rpubs*. Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de [https://rpubs.com/Joaquin\\_AR/226291](https://rpubs.com/Joaquin_AR/226291)
- Ambientum. (2018). <https://www.ambientum.com>. Recuperado el 18 de Mayo de 2020, de [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/atmosfera/las-precipitaciones-atmosfericas.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/las-precipitaciones-atmosfericas.asp)
- Astronomía. (2015). *Astronomia.com*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de El Clima: <https://www.astromia.com/tierraluna/elemclima.htm>
- Bassegio, G. (1973). The composition of sea water and its concentrates. *World Salt Symposium*. Houston, Texas. Obtenido de world salt symposium: <http://www.worldsaltsymposium.org/download/the-composition-of-sea-water-and-its-concentrates/>
- Berenson, M. (2009). *Estadística para Administración*. México: Departamento de Ciencias de la información y Decision Montclair State University.
- BIOMARIS. (2018). Flor de sal de isla cristina. [http://flordesalbiomaris.com/flordesalpepitoperez/?page\\_id=1265](http://flordosalbiomaris.com/flordesalpepitoperez/?page_id=1265).
- BlogEcured.cu. (2016). <https://www.ecured.cu>. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Ecured: [https://www.ecured.cu/Factores\\_clim%C3%A1ticos](https://www.ecured.cu/Factores_clim%C3%A1ticos)
- Briceño, A. (2019). *Lidefer*. Recuperado el 10 de Marzo de 2020, de <https://www.lifeder.com/gravedad-especifica/>
- Buchot, E. (24 de Septiembre de 2018). *Voyages*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2019, de [https://www.voyagesphotosmanu.com/latitud\\_clima.html](https://www.voyagesphotosmanu.com/latitud_clima.html)
- Cáceres, R. (2016). *Curso de marketing: Técnicas comerciales aplicadas a la empresa*. Barcelona. Recuperado el 28 de Abril de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=snJNDwAAQBAJ&pg=PT179&dq=muestreo+por+conveniencia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi-I9XFwJrpAhVEnOAKHS5bDHwQ6AEIMTAB#v=onepage&q=muestreo%20por%20conveniencia&f=false>
- Carmona, F. (2005). *Modelos Lineales*. Barcelona: Publicaciones I, Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Cazares, V. (2016). *Flor de sal (Extracción) proceso original, youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=z9oRN0pPpRk>
- Cazares, V. (s.f.). *Flor de sal (Extracción) proceso original 2, youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=mJGYEl3t3dc>
- Cocinista. (2017). *Cocinista.es*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-del-mundo/flor-de-sal.html>
- Colima, S. d. (s.f.). *SolySal de Colima: producción de la Flor de Sal, youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=KgF-peu1em0>
- CONACYT. (2018). *CIMAT*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Centro de Investigaciones de Matemáticas: <https://www.cimat.mx/es/node/798>

- Cyta.com. (2018). Recuperado el 28 de Abril de 2020, de [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas\\_calidad/causaefecto.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm)
- Díaz, A. (2010). *Diseño Estadístico de Experimentos*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- dondecomenloschefs. (03 de Noviembre de 2015). *Donde Comen los Chefs*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de flor de Sal de Mallorca, una de las mejores del mundo: <http://www.dondecomenloschefs.es/flor-de-sal-de-mallorca-una-de-las-mejores-del-mundo/>
- Ecuasal. (2016). *ECUASAL*. Obtenido de Ecuasal Web Site: <http://www.ecuasal.com>
- Ecured. (2018). *Ecured*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de Flor de Sal: [https://www.ecured.cu/Flor\\_de\\_sal](https://www.ecured.cu/Flor_de_sal)
- Escalante, J. (02 de Noviembre de 2018). *lavanguardia.com*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de La Sal de la Vida: <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20181102/452670163564/sal-beneficios-propiedades-valor-nutricional-alimentos.html>
- Flor Delta. (2015). *Flor del Delta*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de Ficha técnica: <http://www.flordeldelta.com/>
- Gaytan, O., & Orozco, J. (2015). La historia de la sal en México, las salinas de Cuytlán y el caso de la cooperativa de salineros de Colima. *Revista de Ciencias Económicas*, 25-38.
- Goete, P. (20 de Abril de 2014). *Genbeta*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de Genbeta.com: <https://www.genbeta.com/desarrollo/r-un-lenguaje-y-entorno-de-programacion-para-analisis-estadistico>
- Gominolas de Petróleo. (31 de Octubre de 2014). *Gominolas de Petróleo*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Flor de Sal: <http://www.gominolasdepetroleo.com/2014/10/el-mito-de-los-5-venenos-blancos-i-la.html>
- Gutiérrez, O., & Vladimirovna, O. (2016). *Estadística Inferencial 1 para Ingenierías y Ciencias*. México: Grupo Editorial Patria. Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=3hYhDgAAQBAJ&pg=PA253&dq=prueba+de+normalidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj\\_pNSa28vpAhVJh-AKHU7kDf8Q6AEIJzAA#v=onepage&q=prueba%20de%20normalidad&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=3hYhDgAAQBAJ&pg=PA253&dq=prueba+de+normalidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj_pNSa28vpAhVJh-AKHU7kDf8Q6AEIJzAA#v=onepage&q=prueba%20de%20normalidad&f=false)
- Hipergeo. (16 de Noviembre de 2014). *Hypergeo*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article169>
- Huelva Marinera. (2016). *Huelvamarinera.es*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de La Sal: <http://www.huelvamarinera.es/la-sal.html>
- IBM. (2014). *IBM Knowledge Center*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de IBM: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7\\_sub/modeler\\_mainhelp\\_client\\_ddita/clementine/nodes\\_statisticalmodels.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7_sub/modeler_mainhelp_client_ddita/clementine/nodes_statisticalmodels.html)
- Kiehr, M. (01 de Abril de 2016). *La nueva*. Recuperado el 22 de Abril de 2020, de <https://www.lanueva.com/nota/2016-4-1-0-43-0-la-verdadera-historia-de-la-sal>

- La Sal del Mar. (11 de Junio de 2018). *lasaldelmar.mx*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de La sal del Mar: <https://lasaldelmar.mx/flor-de-sal-organica-artesanal-salud/>
- Laboratorio Químico. (2020). *Laboratorio químico*. Recuperado el 10 de Marzo de 2020, de <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/evaporacion.html>
- LaReserva. (21 de Julio de 2017). *La Reserva.com*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Factores del Clima: [https://www.lareserva.com/Cuales\\_son\\_los\\_factores\\_del\\_clima](https://www.lareserva.com/Cuales_son_los_factores_del_clima)
- Luna, E., Bórquez, R., & Villa, M. (2015). Perspectivas sobre la producción de sal y la economía de la región ante escenarios de cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 1, 51-58.
- Márquez, Á. (2017). *Mercasa*. Recuperado el 02 de Abril de 2020, de [https://www.mercasa.es/media/publicaciones/233/1495530702\\_La\\_sal\\_e\\_s\\_vida.pdf](https://www.mercasa.es/media/publicaciones/233/1495530702_La_sal_e_s_vida.pdf)
- Mendenhall, W., Beaver, R., & Beaver, B. (2019). *Introducción a la probabilidad y Estadística*. Santa Fé, México: Cengage Learning Editores. Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de Centro de Ayuda XLSTAT: <https://www.fcfm.buap.mx/jzacarias/cursos/estad2/libros/book5e2.pdf>
- Minitab. (2019). *Soporte de Minitab*. Recuperado el 25 de Abril de 2020, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th edition.
- Muerza, A. F. (10 de Octubre de 2011). *Flor de sal, un alimento doblemente ecológico*. Obtenido de Revista Consumer: <https://www.consumer.es/medio-ambiente/flor-de-sal-un-alimento-doblemente-ecologico.html>
- Muerza, A. F. (2011). Flor de sal, un alimento doblemente ecológico. *CONSUMER*.
- Muerza, A. F. (10 de Octubre de 2011). *Flor de sal, un alimento doblemente ecológico*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de Revista Consumer: <https://www.consumer.es/medio-ambiente/flor-de-sal-un-alimento-doblemente-ecologico.html>
- Natural Mercadito. (16 de Septiembre de 2016). *CONOCE MAS SOBRE LA FLOR DE SAL Y SUS BENEFICIOS*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de Mercadito Natural: <http://mercaditonatural.mx/conoce-mas-la-flor-sal-beneficios/>
- Ocaña, R. (29 de Enero de 2019). *Divestadística*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de Modelo Estadístico: [http://www.divestadistica.es/es/que\\_es\\_un\\_modelo\\_estadistico.html](http://www.divestadistica.es/es/que_es_un_modelo_estadistico.html)
- Quinapallo, C., & Ochoa, K. (2019). LA DIVERSIFICACION DE PRODUCCIÓN DE SAL EN EL ECUADOR. *Observatorio de la economía latinoamericana*. Recuperado el 02 de diciembre de 2019, de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/produccion-sal-ecuador.html>
- Rico, V. (25 de Mayo de 2017). *Contrading Club*. Recuperado el 22 de Abril de 2020, de <http://www.cotradingclub.com/2017/05/25/prueba-de-normalidad-en-modelos-de-prediccion/>
- Rocamora, B., García, A., & Martínez, B. (2017). *Instalación e introducción al software estadístico R y la librería R-Commander*. San Pablo:

- Universidad Cardenal Herrera. Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6404182>
- Rodríguez, L., Ybonet, P., & Quesadas, E. (2017). Modelo de Pronóstico para la Producción de Sal. *Ciencia y Tecnología*, 18-27.
- Sal de Mar Chile. (2014). *Sar de Mar Chile*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Sal de Mar Otro producto Bioterra: <http://www.saldemar.cl/imagenes.html>
- Seijo, F. (2014). Flor de Sal: Auténtica Sal Gourmet. *ORIXE GOURMET*.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (1970). *Norma NTE INEN 2982*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización, I. (1970). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de [www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)
- Sheldon, R. (2007). *introducción a la Estadística* (2da ed.). Barcelona: Editorial Reverte S.A.
- Significados. (2018). *Significados*. Recuperado el 09 de Marzo de 2020, de <https://www.significados.com/temperatura/>
- SOL, S. (2018). Flor de sal, la sal orgánica y artesanal que tu salud necesita. <https://lasaldemar.mx/flor-de-sal-organica-artesanal-salud/>.
- Sphinx, M. (11 de Enero de 2017). *Blog Penelope 777*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de <https://penelope777.wordpress.com>: <https://penelope777.wordpress.com/2017/01/11/la-sal-de-la-vida-sal-marina-flor-de-salsal-de-guerande/>
- Tellez, C., & Morales, M. (2016). *Modelo Estadísticas Lineales con aplicaciones en R*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Vásquez, F. (2016). *Estudio del impacto de las variables meteorológicas en el comportamiento térmico de una edificación bajo las condiciones meteorológicas de Urcuquí*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/CD-7282.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Galería fotográfica



*Figura 5.27* Piscinas  
Fuente: Empresa



*Figura 5.28* Espacios de trabajo desordenados  
Fuente: Empresa



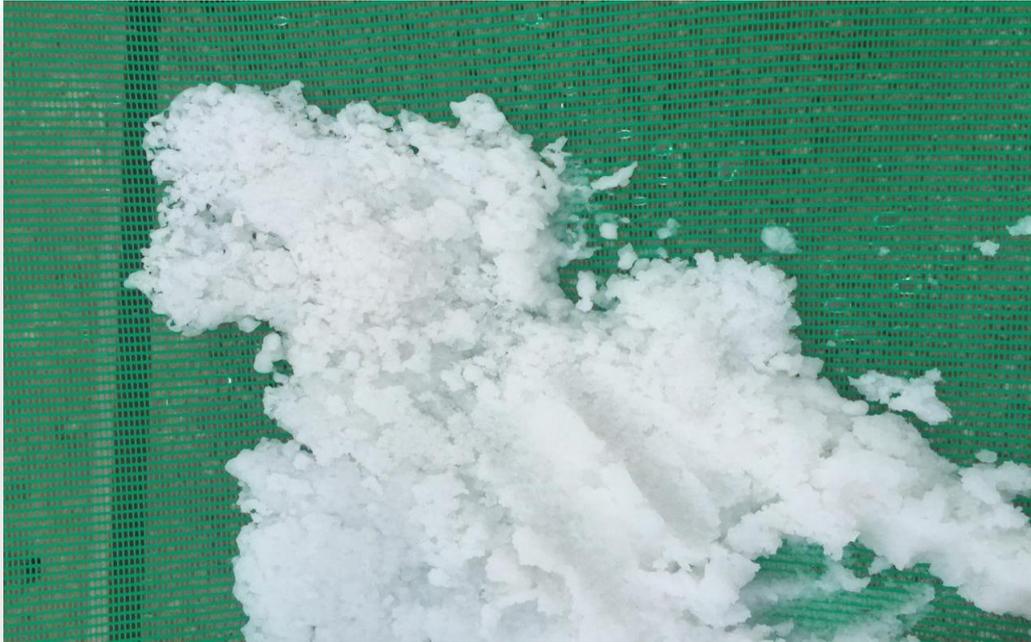
*Figura 5.29* Piscinas Flor de Sal (1)  
Fuente: Empresa



*Figura 5.30* Piscinas Flor de Sal (2)  
Fuente: Empresa



*Figura 5.31* Piscinas Flor de Sal (3)  
Fuente: Empresa



*Figura 5.32* Cosecha de Flor de Sal  
Fuente: Empresa



## APENDICES

### APENDICE A. CORRELACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y LA COSECHA

CORRELACION DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y LA COSECHA

> cor = -0.2142193						
> cor.test = t = -2.5197, df = 132, p-value = 0.01294						
> summary Gravedad Específica=						
	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
	1.250	1.268	1.271	1.275	1.280	1.390

### APENDICE A.1

CORRELACIÓN DE LA TEMPERATURA PROMEDIO Y LA COSECHA

> cor = 0.3972635						
> cor.test = t = 4.9735, df = 132, p-value = 2.008e-06						
> summary Temperatura Promedio:						
	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
	20.10	23.99	25.58	25.45	26.94	29.28

### APENDICE A.2

CORRELACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA Y LA COSECHA

> cor = -0.05327093						
> cor.test = t = -0.61291, df = 132, p-value = 0.541						
> summary humedad relativa =						
	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
	67.71	73.64	75.40	75.13	76.88	82.17

### APENDICE A.3

CORRELACIÓN DE LA EVAPORACIÓN DE SALMUERA Y LA COSECHA

> cor = 0.5232793						
> cor.test = t = 7.055, df = 132, p-value = 8.765e-11						
> summary evaporación de salmuera						
	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
	0.0400	0.1600	0.2200	0.2296	0.3075	0.4200

## APENDICE A.4

CORRELACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR Y LA COSECHA

> cor = 0.3892552					
> cor.test= t = 4.8551, df = 132, p-value = 3.345e-06					
> summary Radiación Solar					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
180.0	348.8	426.5	416.1	493.8	569.0

## APENDICE A.5

CORRELACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y LA COSECHA

> cor = -0.04705797						
> cor.test = t = -0.54125, df = 132, p-value = 0.5892						
> summary velocidad del viento Km/h						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.5333	6.2708	7.2896	7.4589	8.5854	13.1667	

## APENDICE A.6

### CORRELACION TOTAL

> cor(BASE\_DE\_DATOS\_RM)

	Cosechado	Gravedad Específica	Temperatura promedio
Cosechado	1.00000000	-0.2142192826	0.3972635
Gravedad Específica	-0.21421928	1.0000000000	-0.1922587
Temperatura promedio	0.39726354	-0.1922587380	1.0000000
Humedad relativa Promedio	-0.05327093	-0.1237342283	0.3000281
Evaporación de Salmuera	0.52327931	-0.1681744150	0.6800108
Radiación Solar Promedio	0.38925521	-0.0007129975	0.5601097
Viento Recorrido Km Diario	-0.04705797	0.2002612010	-0.2258042
	Humedad relativa Promedio	Evaporación de Salmuera	
Cosechado	-0.05327093	0.5232793	
Gravedad Específica	-0.12373423	-0.1681744	
Temperatura promedio	0.30002809	0.6800108	
Humedad relativa Promedio	1.00000000	0.1601298	
Evaporación de Salmuera	0.16012975	1.0000000	
Radiación Solar Promedio	0.14874340	0.6746794	
Viento Recorrido Km Diario	-0.25369168	-0.1474916	
	Radiación Solar Promedio	Viento Recorrido Km Diario	
Cosechado	0.3892552131	-0.04705797	
Gravedad Específica	-0.0007129975	0.20026120	
Temperatura promedio	0.5601096833	-0.22580423	
Humedad relativa Promedio	0.1487433996	-0.25369168	
Evaporación de Salmuera	0.6746793982	-0.14749157	
Radiación Solar Promedio	1.0000000000	0.08361460	
Viento Recorrido Km Diario	0.0836146031	1.00000000	

## APENDICE A.7

### DATOS PROCESADOS EN R STUDIO PARA MINIMOS, MAXIMOS, CUARTILES, MEDIAS Y MEDIANAS

Función utilizada en R: > summary

```
> summary(BASE_DE_DATOS_RM)

  Cosechado  Gravedad Específica Temperatura promedio Humedad relativa Prom
Min.   : 1.00   Min.   :1.250      Min.   :20.10      Min.   :67.71
1st Qu.: 3.50   1st Qu.:1.268      1st Qu.:23.99      1st Qu.:73.64
Median : 6.20   Median :1.271      Median :25.58      Median :75.40
Mean   : 9.76   Mean   :1.275      Mean   :25.45      Mean   :75.13
3rd Qu.:12.00   3rd Qu.:1.280      3rd Qu.:26.94      3rd Qu.:76.88
Max.   :70.00   Max.   :1.390      Max.   :29.28      Max.   :82.17

Evaporación de Salmuera Radiación Solar Promedio  Viento Recorrido Km Diario
Min.   :0.0400      Min.   :180.0      Min.   : 13.0
1st Qu.:0.1600      1st Qu.:348.8      1st Qu.:151.0
Median :0.2200      Median :426.5      Median :175.0
Mean   :0.2296      Mean   :416.1      Mean   :179.3
3rd Qu.:0.3075      3rd Qu.:493.8      3rd Qu.:206.0
Max.   :0.4200      Max.   :569.0      Max.   :315.0

>
```

## APENDICE A.8

### MODELO DE REGRESION MULTIPLE

```
R version 3.6.3 (2020-02-29) -- "Holding the windsock"
Copyright (C) 2020 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit)

[workspace loaded from ~/.RData]

> View(BASE_DE_DATOS_RM)
> pairs(BASE_DE_DATOS_RM[,1:7])
> RM<-lm(BASE_DE_DATOS_RM$Cosechado~BASE_DE_DATOS_RM$`Gravedad Especí
fica`+BASE_DE_DATOS_RM$`Temperatura promedio`+BASE_DE_DATOS_RM$`Humedad
relativa Promedio`+BASE_DE_DATOS_RM$`Evaporación de Salmuera`+BASE_DE_
DATOS_RM$`Radiación Solar Promedio`+BASE_DE_DATOS_RM$`Viento Recorrido
Km Diario`)
> summary(RM)

Call:
lm(formula = BASE_DE_DATOS_RM$Cosechado ~ BASE_DE_DATOS_RM$`Gravedad E
specífica` +
  BASE_DE_DATOS_RM$`Temperatura promedio` + BASE_DE_DATOS_RM$`Humeda
d relativa Promedio` +
  BASE_DE_DATOS_RM$`Evaporación de Salmuera` + BASE_DE_DATOS_RM$`Rad
iación Solar Promedio` +
  BASE_DE_DATOS_RM$`Viento Recorrido Km Diario`)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.095  -3.638  -1.184   2.092  51.340

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      154.447131   68.430305   2.257 0.025717 *
BASE_DE_DATOS_RM$`Gravedad Específica`
-98.591992   49.580510  -1.989 0.048904 *
BASE_DE_DATOS_RM$`Temperatura promedio`
  0.504915   0.515899   0.979 0.329585
BASE_DE_DATOS_RM$`Humedad relativa Promedio`
 -0.607302   0.269620  -2.252 0.026011 *
BASE_DE_DATOS_RM$`Evaporación de salmuera`
 41.760926  12.168183   3.432 0.000809 **
*
BASE_DE_DATOS_RM$`Radiación Solar Promedio`
  0.009039   0.011062   0.817 0.415375
BASE_DE_DATOS_RM$`Viento Recorrido Km Diario`
  0.002647   0.015701   0.169 0.866410
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8.303 on 127 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3251, Adjusted R-squared:  0.2932
F-statistic: 10.19 on 6 and 127 DF, p-value: 3.422e-09
```

## APENDICE A.9

### PRUEBA DE NORMALIDAD A RESIDUOS– SHAPIRO.TEST

#### Comando

```
> residuos<- residuals (RM)  
> residuos
```

#### Prueba a residuos

```
> shapiro.test(residuos)
```

Shapiro-wilk normality test

data: residuos

w = 0.77074, p-value = 3.404e-13

## APENDICE A.10

### DESCRIPCIÓN DE LOS COMANDOS

Comando en R studio	Descripción
Lenght	Permite obtener el número de datos observados
xsum<-sum(x)	Operación matricial. Sumatoria del vector x (Datos de la variable independiente)
ysum<-sum(y)	Sumatoria del vector y (Datos de las variables independiente)
xysum<-sum(x*y)	Sumatoria de producto de x*y (variable dependiente por variable independiente)
xsumsq<-sum(x*x)	Cuadrado de sumatoria de x multiplicada por x
ysumsq<-sum(y*y)	Cuadrado de sumatoria de y multiplicada por y
promx<-mean(x)	Promedio de los valores de x
promy<-mean(y)	Promedio de los valores de y
$(B2=(t*xysum-xsum*ysum) / ((t*xsumsq) - (xsum^2)))$	Cálculo del coeficiente de la pendiente del modelo de regresión lineal simple. Se le asigna por nombre B2
$(B1=promy-B2*promx)$	Cálculo del Coeficiente del Intercepto. Se le denomina B1
plot (x,y,main = "Modelo de Regresión Lineal",xlim = c(0,max(x)),ylim = c(0,max(y)),xlab = "Identificar eje x",ylab = "Identificar eje y",type = "p");abline(B1,B2)	Se plantea un Plot que permite obtener el gráfico del modelo de regresión lineal. Se activa comando de win.graph
Jarque.test(x)	Prueba de Normalidad. Prueba de Jarque Bera, de sesgo y kurtosis para determinar si existe o no una distribución normal en los datos estudiados.

Fuente: Programa R studio