



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA  
CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**TEMA:**

**Factores determinantes en la producción de arroz en  
situaciones climáticas adversas en la región costa del  
Ecuador.**

**AUTOR (ES):**

**Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
Licenciado Negocios internacionales**

**TUTOR:**

**Freire Quintero, Cesar Enrique**

**Guayaquil, Ecuador**

**27 de agosto del 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA**  
**CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**, como requerimiento para la obtención del título de **Licenciado Negocios internacionales**.

**TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_

**Ec. Freire Quintero, César Enrique PhD.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Hurtado Cevallos, Gabriela Elizabeth Mg**

**Guayaquil, a los 27 del mes de agosto del año 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA**  
**CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Factores determinantes en la producción de arroz en situaciones climáticas adversas en la región costa del Ecuador**. Previo a la obtención del título de **Lic. Negocios internacionales**, 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.

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

**Guayaquil, a los 27 del mes de agosto del año 2024**

**EL AUTOR (A)**

f. Emilio Torres  
**Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA**  
**CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Factores determinantes en la producción de arroz en situaciones climáticas adversas en la región costa del Ecuador.**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 27 del mes de agosto del año 2024**

**EL (LA) AUTOR(A):**

f. Emilio Torres.  
**Torres Chiriguaya Brayan Emilio**

## REPORTE COMPILATIO



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

TESIS FINAL Torres Chiriguaya,  
Brayan Emilio

0%  
Texto  
auspiciosas

- 0% Similitudes ignoradas  
+ las similitudes entre  
comillas
- 0% Similitudes ignoradas  
+ las similitudes entre  
comillas
- 4% Idiomas no examinados  
(ignorado)

Nombre del documento: TESIS FINAL Torres Chiriguaya, Brayan  
Emilio.docx  
ID del documento: 04c79b822c7478c2f703c6f6e4ab7eb3057b3d  
Tamaño del documento original: 758,30 KB  
Acción: [?]

Depositante: César Enrique Freire Quintero  
Fecha de depósito: 25/9/2024  
Tipo de copia: Impreso  
Fecha de fin de análisis: 25/9/2024

Número de palabras: 15.354  
Número de caracteres: 101.801

Ubicación de las similitudes en el documento:



CESAR FRI  
[Handwritten signature]

Ec. Freire Quintero, César Enrique PhD.

## **Agradecimiento**

Con total alegría, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que han sido parte de este arduo camino, que, sin duda alguna han aportado su granito de arena para impulsarme a no rendirme durante esta maravillosa etapa.

En primer lugar, le agradezco a Dios por mantenerme con salud y bienestar para poder compartir este gran logro con mi familia y amigos. Los sueños y las metas se cumplen siempre y cuando no nos demos por vencido y tengamos Dios en nuestro camino.

Sin duda alguna, agradezco inmensamente a mi abuela Laura Chiriguaya Chávez que ha sido mi respaldar, mi pilar y mi hombro fundamental para seguir adelante en todos los caminos que me depara la vida. A mi abuelo, Felipe Fajardo García que, a su vez, demostró un rol muy importante en mi vida ayudándome, aconsejándome y ocupar el rol de padre en mi vida. A mi madre, Liliam Torres le agradezco por estar en todo momento al pendiente de mí y apoyarme desde tan lejos.

A mi prima, que nos hemos criados como hermanos desde que tengo uso de memoria, me ha guiado por el buen camino y me ha demostrado cuan importante es salir adelante y apoyar a nuestra abuela que tanto veló por nosotros.

Le agradezco infinitamente a la mejor de todas las directoras que puede tener una carrera universitaria, mi queridísima Gabriela Hurtado, ha sido como una madre para mí en diferentes ámbitos de mi etapa, siendo esa persona de luz al final del túnel, corrigiéndome y demostrándome que soy capaz de todo sin mirar atrás y mucho menos rendirme. A su vez, le agradezco infinitamente a Mayrita, secretaria de la carrera de negocios internacionales por todas las veces que estuvo para mí cuando más necesité de apoyo y de una gran amiga para mis problemas, le agradezco por todo lo que ha hecho por mí, sin duda alguna sin ella tampoco sería posible haber llegado hasta aquí.

Le agradezco a mi tutor de tesis por toda la paciencia brindada y por todos estos años de estudio que, sin duda alguna, me ha enseñado y demostrado lo que es ser una buena persona con un muy buen carácter como profesor y como amigo.

Finalmente, le agradezco a todas esas amistades que han estado apoyando desde que comencé mis estudios y siempre creyeron en mi y en mi capacidad para resolver los momentos más difíciles y seguir adelante. Le agradezco a mi pareja por estar en todo momento permitiendo que no me rindiera y que salga adelante, sin duda alguna le agradezco por todo el tiempo brindado.

## **Dedicatoria**

Se lo dedico a mi abuelita que ha velado por mi día y noche, la que está conmigo en todo momento cuando la necesito, ese ser maravilloso de luz que me ha dado todo lo que tengo hoy en día. También se lo dedico a mi mamá que, aunque no esté presente físicamente conmigo ella ha estado siempre en contacto apoyándome en todo lo que necesito. Me lo dedico inmensamente a mí por no rendirme a pesar de cada obstáculo y tropiezo que tuve, por cada amanecida y viajes a la Universidad, por cada traspasada y todo lo que viene arraigado para alcanzar tu meta. Finalmente, se lo dedico a toda mi familia entera por considerarme alguien muy importante en la familia y apoyarme en cada cosa o aventura.





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA  
CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**(NOMBRES Y APELLIDOS)**

TUTOR

f. \_\_\_\_\_

**(NOMBRES Y APELLIDOS)**

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**(NOMBRES Y APELLIDOS)**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

## ÍNDICE

1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Origen y evolución del arroz.....	2
1.2 Importancia de la producción de arroz en el Ecuador.....	2
1.3 Factores climáticos determinantes en la producción de arroz en la región costa del Ecuador .....	4
1.4 Planteamiento del problema.....	5
1.5 Efectos de fenómenos climáticos extremos en los cultivos de arroz .....	5
1.5.1 Objetivos .....	6
1.5.2 Objetivo general.....	6
1.5.3 Objetivos específicos .....	6
1.6 Justificación.....	7
2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 Generalidades del arroz.....	9
2.2 Principales factores climáticos que inciden en la producción de arroz:.....	10
2.3 Temperatura .....	10
2.4 Precipitación.....	11
2.5 Humedad .....	12
2.6 Factores adaptativos y estrategias de mitigación frente a las variaciones climáticas en la producción de arroz.....	13
2.7 Manejo del agua .....	13
2.8 Sistema de pronóstico climático.....	13
2.9 Impacto del cambio climático en la producción de arroz .....	14

3. CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1 Tipo de investigación .....	15
3.2 Alcance.....	16
3.3 Población y muestra .....	16
3.4 Análisis de datos .....	17
4. CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	20
4.1 Análisis del Sector Arrocerero en Ecuador en base a producciones anuales	20
4.2 Determinante ambiental principal en la producción de arroz .....	29
4.3 Resultado de análisis estadístico forecast para la predicción de la producción de arroz frente a sus determinantes .....	38
4.4 Resultado del anaálisis de regresión múltiple para determinar la relación existente entre la producción de arroz y sus determinantes principales.....	50
Bibliografía .....	58

### **ÍNDICE DE TABLA**

<i>Tabla 1:</i> .....	39
<i>Tabla 2 Análisis autorregresivo ARIMA (2.1.0)</i> .....	39
<i>Tabla 3:</i> .....	39
<i>Tabla 4 Resumen del modelo ARIMA (2.1.0)</i> .....	39
<i>Tabla 5:</i> .....	40
<i>Tabla 6 Pronóstico para la producción de arroz del modelo autorregresivo ARIMA</i> .....	42
<i>Tabla 7:</i> .....	42
<i>Tabla 8 Predicción del análisis autorregresivo ARIMA de la producción de arroz en el Ecuador</i> .....	42
<i>Tabla 9:</i> .....	43
<i>Tabla 10 Modelos del análisis estadístico ARIMA</i> .....	43

<i>Tabla 11:</i> .....	44
<i>Tabla 12 Resumen de resultados de los diferentes modelos para determinar si son adecuados para el análisis</i> .....	44
<i>Tabla 13:</i> .....	45
<i>Tabla 14 Autocorrelaciones estimadas para los residuos con un nivel de confianza del 95%</i> .....	46
<i>Tabla 15:</i> .....	46
<i>Tabla 16 Autocorrelaciones parciales estimadas para residuos con un nivel de confianza del 95%</i> .....	47
<i>Tabla 17:</i> .....	47
<i>Tabla 18 Periodograma para residuos ANOVA</i> .....	48
<i>Tabla 19:</i> .....	50
<i>Tabla 20 Intervalos del 95% de confianza para la estimación de coeficiente e datos</i> .....	51
<i>Tabla 21:</i> .....	51
<i>Tabla 22 Correlaciones estimadas para los coeficientes el modelo</i> .....	51
<i>Tabla 23:</i> .....	51
<i>Tabla 24 Residuos atípicos del modelo estadístico</i> .....	52
<i>Tabla 25:</i> .....	52
<i>Tabla 26 Puntos influyentes o desviaciones estándares del modelo</i> .....	52

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1 Superficie total cosechada en tonelada por hectárea año 2015</i> .....	21
<i>Figura 2 Superficie total cosechada en tonelada por hectárea año 2016</i> .....	22
<i>Figura 3 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2017</i> .....	23
<i>Figura 4 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2018</i> .....	23
<i>Figura 5 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2019</i> .....	24
<i>Figura 6 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2019</i> .....	25
<i>Figura 7 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2021</i> .....	25
<i>Figura 8 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2022</i> .....	26
<i>Figura 9 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2023</i> .....	27

<i>Figura 10 Evolución de la superficie cosechada por hectárea en las principales provincias del Ecuador .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11 Precipitación estimada anual de la región costa año 2015.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 Precipitación estimada anual de la región costa año 2016.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13:.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14 Precipitación estimada anual de la región costa año 2017.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15:.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 16 Precipitación estimada anual de la región costa año 2018.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17:.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18 Precipitación estimada anual de la región costa año 2019.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19:.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20 Precipitación estimada anual de la región costa año 2020.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 21:.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 22 Precipitación estimada anual de la región costa año 2021 .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 23:.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 24 Precipitación estimada anual de la región costa año 2022.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 25:.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 26 Precipitación estimada semestral de la región costa año 2023 .....</i>	<i>38</i>

## **Resumen**

El sector arrocero ecuatoriano es una de las actividades agrícolas más importantes en el país, del cual dependen muchos agricultores, pequeños productores y comunidades locales de bajos recursos. De hecho, a nivel nacional el arroz es un cultivo importantísimo para la comercialización y economía del país por la alta demanda que genera esta gramínea siendo el principal insumo en la dieta básica alimenticia de los ecuatorianos. Sin embargo, así como existen oportunidades también existen desafíos que han afectado directamente la producción de arroz. La presente investigación se enfoca en el desarrollo de varios modelos estadísticos para predecir el dinamismo futuro de la producción anual en la región costa y a su vez, determinar cuál de las principales variables climáticas incide principalmente en la producción de arroz para así reducir pérdidas de cosecha, optimizar los procesos y tener una mejor toma de decisiones que permitirá esclarecer la oferta y la demanda a nivel nacional. El objetivo principal es determinar cuál de las 3 variables ha hecho bajar la producción durante años de cosechas y así, mitigar estos impactos a través de estrategias adaptativas más eficientes.

### **Palabras clave:**

**Análisis de datos, clima extremo, producción de arroz, factores determinantes, forecast para la predicción, regresión múltiple.**

## **Abstract**

The Ecuadorian rice sector is one of the most important agricultural activities in the country, on which many farmers, small producers and low-income local communities depend. In fact, at a national level, rice is a very important crop for the country's commercialization and economy due to the high demand generated by this grass, which is the main input in the basic diet of Ecuadorians. However, just as there are opportunities, there are also challenges that have directly affected rice production. This research focuses on the development of several statistical models to predict the future dynamics of annual production in the coastal region and, in turn, determine which of the main climatic variables mainly affects rice production in order to reduce crop losses, optimize processes and have better decision-making that will allow clarifying supply and demand at a national level. The main objective is to determine which of the 3 variables has caused production to drop during harvest years and thus mitigate these impacts through more efficient adaptive strategies.

### **Key words:**

**Data analysis, extreme weather, rice production, determining factors, forecast for prediction, multiple regression.**

## Résumé

Le secteur rizicole équatorien est l'une des activités agricoles les plus importantes du pays, dont dépendent de nombreux agriculteurs, petits producteurs et communautés locales à faibles revenus. En fait, au niveau national, le riz est une culture très importante pour la commercialisation et l'économie du pays en raison de la forte demande générée par cette herbe, qui constitue le principal intrant de l'alimentation de base des Équatoriens. Cependant, s'il existe des opportunités, il existe également des défis qui ont directement affecté la production rizicole. Cette recherche se concentre sur le développement de plusieurs modèles statistiques pour prédire le dynamisme futur de la production annuelle dans la région côtière et, à son tour, déterminer laquelle des principales variables climatiques affecte principalement la production de riz afin de réduire les pertes de récolte, d'optimiser les processus et d'obtenir de meilleurs résultats. Prise de décision qui clarifiera l'offre et la demande au niveau national. L'objectif principal est de déterminer laquelle des 3 variables a réduit la production au cours des années de récolte et ainsi atténuer ces impacts grâce à des stratégies d'adaptation plus efficaces.

### Mots-clés :

Analyse de données, climat extrême, production de riz, facteurs déterminants, prévision pour prédiction, régression multiple.



# **1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Origen y evolución del arroz**

El arroz o científicamente conocido como *Oryza sativa*, es uno de los cultivos alimenticios más antiguos y fundamentales en la cultura e historia de la humanidad, del cual remonta su origen hace aproximadamente 10.000 años atrás en las antiguas civilizaciones indias. De hecho, los principales centros de origen fueron en el sureste de Asia en el valle del río Yangtsé en China y en la región del Ganges en la India. Además, excavaciones, revisiones arqueológicas y genéticas demostraron que las antiguas civilizaciones asiáticas cultivaron el arroz incluso desde los años 7000 A.C. (Acevedo, Castrillo & Belmonte, 2006).

Por otro lado, la domesticación del *Oryza sativa* se remontó hacia el sureste de Asia llegando a países como Japón y Corea aproximadamente en el año 1000 A.C. Sin embargo, durante la invasión musulmana, los árabes fueron los partícipes en llevarlo a la península ibérica cuando ellos conquistaron esas tierras en el año 711. Posteriormente, la domesticación del cultivo de arroz se seguiría esparciendo por toda Italia y luego a Francia para así terminar de propagarse por toda Europa. La primera vez que el arroz tuvo lugar en el continente americano fue en la ciudad de Carolina del Sur en el año 1694. A su vez, durante la invasión colonial precolombina, los españoles llevaron el arroz a Sudamérica a principios del siglo XVIII, donde las situaciones climáticas y los entornos tropicales y subtropicales favorecieron y se adaptaron fácilmente en la domesticación del cultivo proveniente de Europa para así tener un gran impacto en la cultivación y producción masiva del arroz (*Oryza sativa*) (MINISTERIO DE AGRICULTURA).

## **1.2 Importancia de la producción de arroz en el Ecuador**

A lo largo de los años el arroz ha cumplido un rol muy importante en el sustento económico y alimenticio de millones de personas alrededor del mundo. De hecho, para una producción altamente ventajosa existen varios factores muy

importantes a considerar tales como las condiciones ambientales, la calidad del suelo para una eficiente cultivación, diversos factores biológicos e incluso el alto control de plagas y fertilizantes que estas plantas necesitan para maximizar la productividad y asegurar la sostenibilidad del cultivo.

La producción de arroz en el Ecuador se remonta desde la época colonial, sin embargo, no fue hasta el siglo XX que en este país comenzó a tener una mayor relevancia productiva y económica siendo vital en cada parte del país por su alta demanda y aceptación en cada uno de los hogares ecuatorianos. Sumado a esto, en la década de 1950 y 1960 el gobierno ecuatoriano implementó nuevas políticas de modernización agrícolas que permitieron una muy eficiente expansión de la superficie cultivada y la implementación de nuevas tecnologías avanzadas para promover la producción y establecer un óptimo desarrollo en cuanto a productividad y calidad se refiere. De hecho, en la región costa estos nuevos procesos se establecieron entre los años de (1968-1972), durante el gobierno de José María Velasco Ibarra (Barcia, 2012).

En efecto, la implementación de nuevas tecnologías avanzadas fueron factores cruciales que impulsaron el crecimiento del sector arrocero de tal manera que, el arroz se convirtió en un cultivo vital para la seguridad alimenticia y el desarrollo agrícola del país estableciendo así una gran importancia de productividad y comercialización.

Actualmente, el arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ya que ocupa una gran parte de los productos transitorios más indispensables en la canasta básica de la superficie del país. De hecho, es el cultivo más importante y favorable en la dieta alimenticia ecuatoriana ya que, según datos del ministerio de agricultura y ganadería, en el año 2018 alcanzó un récord de 1.2 millones de toneladas producidas, a su vez, genera una producción promedio anual de 5.28 toneladas métricas por hectárea alcanzando un consumo promedio que oscila entre los 43 y 45kg por cada ecuatoriano anualmente (INEC, 2019).

Por otro lado, la producción de arroz en el Ecuador contribuye significativamente en el sector económico al producto interno bruto (PIB) agrícola del país generando a su vez ingresos para agricultores y sus familias. A su vez, la cadena de producción de arroz genera empleos a muchas personas desde el cultivo

hasta la comercialización, desde la logística hasta el uso de fungicidas, pesticidas, herbicidas y fertilizantes creando así un gran ciclo de empleabilidad por varios entes y personas involucradas para una mejor estabilidad económica.

### **1.3 Factores climáticos determinantes en la producción de arroz en la región costa del Ecuador**

Ecuador es conocido por ser uno de los países más biodiversos de Sudamérica y del mundo por su enorme adaptación a diversas circunstancias, tanto agrícolas como ganadera. De hecho, las condiciones climáticas y la alta adaptabilidad del suelo fertilizante que existe en la región costa del Ecuador favorecen a la producción de este cultivo. Según el ministerio de agricultura y ganadería, en la región costa del Ecuador, las provincias de Guayas, los ríos y Manabí representan la mayor cantidad de producción anual de este cultivo superando incluso el 75% en comparación al resto de provincias del país. De hecho, en un reciente censo hecho por la ESPAC, demuestra que el pasado año “la superficie total cosechada de arroz fue de 343.050 hectáreas, representando un aumento del 1.5% en comparación al año 2022” (INEC, 2024).

Además, este censo también demuestra y afirma que la provincia del Guayas sigue liderando la producción y cosecha de arroz con un total del 67.3% seguido por los ríos con un total del 24.9% de producción total (INEC, 2024)

El objetivo de este trabajo es analizar las variables de los factores determinantes que inciden en la producción de arroz en base a las situaciones climáticas, temperaturas, inundaciones e inclusive efectos del fenómeno del niño que han afectado actualmente al cultivo del arroz. Además, demostrar como el fenómeno del niño ha sido determinante en la producción de arroz por las altas lluvias, inundaciones y demás situaciones adversas ocasionadas en los últimos años.

Por otro lado, es de suma importancia abordar todas estas problemáticas causadas por el cambio climático para mitigar todos estos efectos negativos para así asegurar con mayor eficiencia una sostenibilidad y productividad de calidad en la producción de arroz en la región costa del Ecuador. La adaptación a las situaciones

climáticas cambiantes presenta grandes desafíos que requieren un enfoque integral en la implementación de técnicas de manejo eficiente del agua, temperatura y demás para así garantizar la resiliencia del cultivo en el sector agrícola a su vez, garantizar la seguridad alimentaria en la región costa del Ecuador.

#### **1.4 Planteamiento del problema**

#### **1.5 Efectos de fenómenos climáticos extremos en los cultivos de arroz**

Actual e históricamente, los factores climáticos han sido muy influyentes en la cultivación y producción de arroz a lo largo de los años. De hecho, el arroz tiende a ser muy sensible ante factores como la temperatura, la humedad y la disponibilidad del agua. Además, las condiciones climáticas influyen directamente en todas las etapas del ciclo del cultivo del arroz, desde su germinación hasta la cosecha. Por otro lado, el problema principal planteado es que la producción no está abasteciendo a la demanda en sí, por lo que uno de los factores más determinantes es el cambio climático y a su vez el alza de precio del quintal de arroz en el mercado.

Hoy en día, las alteraciones climáticas están provocando diversas alteraciones y variaciones en la precipitación y temperatura del sol, incluso estos factores inciden directamente en el calentamiento excesivo de los suelos áridos para el cultivo del arroz, creando a su vez patrones de precipitación mucho más fuertes que afecta negativamente la producción, la calidad y al rendimiento del arroz. Sin embargo, no solo las altas temperaturas han estado afectando a la producción y a su cultivo, sino que, a su vez, efectos del fenómeno del niño han sido también cruciales como otra significativa problemática por el incremento de lluvias ocasionando así un gran problema para el cultivo. Consecuentemente, todos estos factores han incidido en la producción significativa del arroz ocasionando una escasez de la demanda frente a su producción, por el aumento significativo de lluvias e inundaciones, plagas y demás enfermedades y lo más importante aún un precio excesivo del arroz como producto final.

Es de suma importancia tener en cuenta todas estas problemáticas para entender significativamente como el cambio climático y el fenómeno del niño han afectado la producción, la oferta y la demanda del arroz. De hecho, todos estos

problemas ambientales naturales no han afectado tan solo al cultivo, sino también a la población en general ya que, al ser el carbohidrato más importante en la dieta ecuatoriana y ser el principal insumo transitorio del día a día.

Según el ministerio de agricultura y ganadería (MAG), por las intensas lluvias se han perdido más de 8.000 hectáreas de cultivo por las que ha causado incluso pérdidas de los cultivos de unos 4.300 agricultores del país. Específicamente el cultivo del arroz presento pérdidas de aproximadamente 7.975 hectáreas de las cuales el 62% sufrió pérdidas totales. El cultivo de arroz se vio afectado por los efectos del fenómeno del niño dejaron pérdidas económicas de hasta USD 50 millones hasta el momento, siendo todo esto en solo año (Gestión digital, 2023).

Al fenómeno del niño se lo conoce como un evento climático importantísimo caracterizado principalmente por el calentamiento anómalo de las aguas del pacifico ecuatorial, que, de hecho, provoca cambios muy importantes en los patrones climáticos globales. Además, este fenómeno climático tiende a tener un impacto muy considerable en la producción agrícola especialmente en el cultivo del arroz. Sus efectos extremos ocasionan precipitaciones y altas temperaturas ocasionando e incidiendo enormemente en la producción de arroz ya que provoca inundaciones, daños en las plantas, en el cultivo de cosecha, temperaturas extremas, proliferación de enfermedades, plagas, y más importante aún son las sequias en fases posteriores a los cambios abruptos de la precipitación e inundaciones ocasionadas por las lluvias (Hijar, Bonilla, Munayco, Gutierrez, & Ramos, 2016).

### **1.5.1 Objetivos**

#### **1.5.2 Objetivo general**

Analizar los factores determinantes en la producción de arroz en situaciones climáticas extremas en la región costa del Ecuador para definir estrategias de mitigación para mejorar la sostenibilidad y productividad del cultivo.

#### **1.5.3 Objetivos específicos**

- Analizar la producción de arroz en el Ecuador a través del uso de estadística de serie de tiempo para caracterizar la productividad del sector arrocero en la región costa del Ecuador.

- Caracterizar las determinantes ambientales de la producción de arroz a través de un análisis descriptivo.
- Desarrollar un modelo estadístico de forecast para predecir el dinamismo futuro de la producción de arroz en la región costa.
- Determinar la relación existente entre la producción de arroz y sus determinantes en la región costa del Ecuador.

## **1.6 Justificación**

La necesidad de abordar esta investigación es para prevenir a situaciones climáticas futuras perdidas en la producción de arroz, incluso es muy conveniente desarrollar las directrices puesto que históricamente el fenómeno del niño ya ha afectado al sector arrocero. Los principales beneficiados serían los agricultores al desarrollar un sistema que mitigue o reduzca el impacto de todos estos problemas ambientales. De hecho, la producción de arroz es crucial para la economía y la seguridad alimentaria de Ecuador, particularmente en las zonas costeras. Sin embargo, los fenómenos climáticos extremos como el fenómeno del Niño hacen que esta actividad agrícola enfrente una serie de importantes desafíos. El calentamiento anormal de las aguas del Pacífico es el resultado de este fenómeno, que altera los patrones climáticos y afecta negativamente la producción de arroz. Es fundamental abordar estos desafíos de manera integral y sostenible para asegurar la estabilidad económica de los agricultores, la seguridad alimentaria de la población y la resiliencia del sector agrícola ante los cambios climáticos. Esta justificación se enfoca en los problemas específicos mencionados anteriormente, así como en los métodos sugeridos para reducirlos.

Por otro lado, el cambio climático ha aumentado la cantidad y la intensidad de eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones, los cuales tienen un impacto negativo en la producción de arroz. Los cambios en los patrones de temperatura y precipitación pueden interrumpir el ciclo de crecimiento del arroz, reducir los rendimientos y aumentar la frecuencia de enfermedades y plagas. Es esencial crear o utilizar variedades de arroz más resistentes a estas condiciones

extremas y fomentar el uso de tecnologías de riego eficientes para reducir los efectos de estas condiciones extremas.

La incidencia de plagas y enfermedades es un desafío constante para la producción de arroz, y las condiciones climáticas cambiantes pueden exacerbar este problema. La implementación de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP), el desarrollo de variedades resistentes y la capacitación en técnicas de control biológico pueden ayudar a reducir la incidencia de plagas y enfermedades y minimizar su impacto en la producción de arroz. Sin embargo, el arroz es un alimento básico esencial en la dieta nutricional de todos los ecuatorianos.

Por otro lado, el cambio climático ha aumentado la cantidad y la intensidad de eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones, los cuales tienen un impacto negativo en la producción de arroz. Los cambios en los patrones de temperatura y precipitación pueden interrumpir el ciclo de crecimiento del arroz, reducir los rendimientos y aumentar la frecuencia de enfermedades y plagas. Es esencial crear o utilizar variedades de arroz más resistentes a estas condiciones extremas y fomentar el uso de tecnologías de riego eficientes para reducir los efectos de estas condiciones extremas.

A su vez, la incidencia de plagas y enfermedades es un desafío constante para la producción de arroz, y las condiciones climáticas cambiantes pueden exacerbar este problema. La implementación de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP), el desarrollo de variedades resistentes y la capacitación en técnicas de control biológico pueden ayudar a reducir la incidencia de plagas y enfermedades y minimizar su impacto en la producción de arroz. Sin embargo, el arroz es un alimento básico esencial para la seguridad alimentaria en Ecuador, y cualquier amenaza a su producción impacta directamente en la disponibilidad de alimentos y la estabilidad económica.

## **2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Generalidades del arroz**

A lo largo de los años, Ecuador ha sido un país conocido por su diversidad cultural pero también por su gastronomía, agricultura y ganadería. Existen 4 regiones que conforman el país con diferentes microclimas que los hace especial a cada uno de ellos. En la región oriente resaltan sus altos bosques tropicales y su biodiversidad con un gran número de animales y plantas. En la región sierra destaca su asombroso clima templado y su topografía montañosa. A su vez, también tenemos a las islas Galápagos que es considerado por el instituto geofísico como una de las zonas volcánicas más activas del mundo, resaltando incluso su biodiversidad marítima y su fantástico clima (Geofísico, 2019).

Por último, tenemos a la región costa o litoral que a su vez tiene una gran importancia en el territorio ecuatoriano por sus llanuras fértiles, terrenos subtropicales y elevaciones de poca altitud. De hecho, gracias a su clima tropical y suelos fértiles, le permiten la producción de una alta gama de cultivos como el cacao, café, arroz entre otros (Bioweb, 2022).

En la región costa del Ecuador, se encuentra la mayor parte de productores y comercializadores de arroz que se encargan de distribuirlo a todo el territorio nacional. De hecho, según Agro Bayer Ecuador, “Su participación en el PIB representa alrededor del 1.55%. La mayor parte de la producción arrocería se destina al consumo interno (96%), dejando muy poco producto para la exportación (4%)” (Bayer, s.f.). Además, el arroz al ser uno de los alimentos más importantes en la dieta, se ha considerado que el consumo promedio por ecuatoriano oscila entre los 43 y 45Kg por año, llegando incluso hasta los 50Kg por habitante (Adama, 2016).

Por otro lado, el presente trabajo se enfoca en los factores que inciden directamente a la producción de arroz como las situaciones climáticas y anomalías ambientales naturales como el fenómeno del niño. Es de suma importancia abordar



estas problemáticas que impactan al rendimiento y producción de arroz en la región costa del Ecuador.

## **2.2 Principales factores climáticos que inciden en la producción de arroz:**

### **2.3 Temperatura**

Durante décadas se ha considerado a la temperatura como un factor vital en la vida de los seres humanos puesto que, la sensación que puede generar sentir frío o calor está asociada enormemente en este concepto de la temperatura y la termodinámica. De hecho, no es tan solo vital en la ciencia y tecnología, sino que, a su vez, incide directamente en la proliferación de los seres vivos especialmente de las plantas puesto que, la temperatura nos permite conocer el nivel de energía térmica con la que cuenta un cuerpo. Además, también se debe tener un respectivo cuidado sobre el cultivo, ya que la temperatura es uno de los principales encargados de que el cultivo pueda desarrollarse correctamente ofreciendo una mejor calidad de producto (López, Walfredo Torres de la Nova, Paez, & Herrera, 2016).

Por otro lado, como cualquier otro cultivo, el sector arrocero también puede sufrir pérdidas económicas y eventualmente del cultivo ya que, el arroz necesita condiciones adecuadas para su correcto desarrollo y rendimiento. De hecho, para una eficiente producción del cultivo del arroz se debe tener en cuenta y las condiciones climáticas y el suelo, en este caso la temperatura como uno de los principales puntos que incide en la producción (Piedrahita & Helfgott, 2021).

Durante la temporada del cultivo del arroz, la mejor temperatura que se debe proporcionar oscila entre los 21 y 37 grados centígrados; teniendo en cuenta también la importancia de la temperatura del suelo. Sin embargo, si se excede estas temperaturas mencionadas anteriormente, el cultivo del arroz tendría grandes problemas en su correcto desarrollo y rendimiento siendo esto perjudicial para el agricultor. Debemos tener en cuenta que es de suma importancia considerar estos factores climáticos que tenemos hoy en día, con calores extremos y un alza de temperatura muy significativa que afectan a la mayor parte de los cultivos en el Ecuador principalmente a la producción de arroz (Kogut, 2023).

No obstante, la temperatura en el ciclo del arroz comienza desde la germinación hasta la maduración. De hecho, en todo este proceso, una pequeña variación en la temperatura utilizada podría provocar cambios severos como estrés térmico, reducción de la fotosíntesis de la planta y finalmente acelerar la maduración lo que causaría eventualmente granos inmaduros y de baja calidad afectando el rendimiento y producción del arroz. Además, no solo las altas temperaturas pueden afectar a la calidad y rendimiento del arroz, sino que también, las bajas temperaturas son consideradas anomalías que por debajo de 21 grados pueden incluso retardar el crecimiento y a su vez, podrían aumentar la susceptibilidad a enfermedades (Lopez & Kohashi, 2018).

## **2.4 Precipitación**

Se considera precipitación a un proceso importantísimo en el que cae agua en diferentes formas desde la atmósfera, teniendo en cuenta que las gotas de agua pueden llegar a la superficie terrestre como lluvia, llovizna, nieve, granizo. De hecho, este evento es un ciclo natural del agua que permite nutrir los suelos, y contribuye principalmente a llenar ríos, lagos y lagunas. Además, este proceso del ciclo hidrológico conocido como precipitación, ayuda al crecimiento de nuevas plantas, cultivos y ayuda a la hidratación de animales (Zhang & Wang, 2021).

Por otro lado, las zonas costeras del Ecuador, teniendo como principales productores y comercializadores del arroz a provincias como Guayas, Los rios y Manabi, se debe considerar tambien el correcto uso del agua que requiere grandes cantidades principalmente en el periodo vegetativo. De hecho, según el instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIAP) “Las precipitaciones maximas de 2500 mm y minimas de 500 mm por año con humedad relativa generalmente alta”.

De hecho, se deben considerar siempre factores como el suelo y su fertilidad a la hora de la cultivacion del arroz. Actualmente, en estas zonas el agua tambien cumple un rol importantisimo por diversos factores relacionados al suelo y su manejo en el sistema eficiente de drenaje del agua. Sin embargo, la correcta distribucion temporal y espacial de la precipitacion cumple un rol crucial frente a los diversos facotres que se han presentado como son las alteraciones climaticas e incluso las lluvias excesivas que pueden y han ocasionado inundaciones en los cultivos de arroz (Lopez & Kohashi, 2018).

## 2.5 Humedad

La humedad es uno de los factores climáticos más presentes en la mayoría de los cultivos por su alta importancia en el eficiente desarrollo de estos. De hecho, la humedad es una medida en el clima que se refiere básicamente a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Además, es un componente natural de la atmósfera que incide principalmente por el nivel de temperatura que existe en el aire, mientras mayor sea la temperatura, más niveles de vapor de agua puede contener. La humedad es un factor clave del ciclo hidrológico ya que, el vapor es generado de manera continua como resultado de la evaporación y que, a su vez, se elimina tras la condensación (García Llobodanin, Ponce de León, Moreira, & Billiris, 2020).

Al igual que los anteriores factores, la humedad a su vez, también requiere una importancia fundamental en el ciclo del arroz ya que, en el caso de la humedad del aire puede afectar la transpiración y el enfriamiento de las plantas del arroz. De hecho, se debe tener en cuenta que el arroz en Ecuador debe tener una humedad no superior al 25% y no menor al 20%, ya que, si se excede o se disminuye este porcentaje de humedad a la hora de la cosecha, puede ocasionar que los granos se vuelvan susceptibles a quebrarse y como consecuencia se vería afectado el rendimiento de la producción del arroz. Además, para una eficiente producción de arroz, se debe considerar que cuando el grano tiene entre 20 a 25 por ciento de humedad, se recomienda cosechar el cultivo para así evitar el volcamiento de plantas y consecuentemente la pérdida de producción de calidad molinera.

Sin embargo, una alta humedad relativa ocasionada por los cambios climáticos extremos también puede favorecer a la proliferación de enfermedades fungicidas y bacterianas. Mientras que una baja humedad ocasionaría el aumento de la evotranspiración. No obstante, se debe considerar a este factor climático como uno de los principales que llega a ocasionar problemas en el periodo de cultivación y rendimiento del arroz. A su vez, el manejo del agua en los cultivos de arroz es crucial para el correcto crecimiento de las plantas, de hecho, manejar y distribuir eficientemente los canales de agua evitará fugas en el proceso adaptativo del arroz.

## **2.6 Factores adaptativos y estrategias de mitigación frente a las variaciones climáticas en la producción de arroz**

### **2.7 Manejo del agua**

El manejo eficiente del agua en los canales de producción del arroz evitará pérdidas y mejorarán la calidad del cultivo. De hecho, el agua es el recurso más importante, por lo que se debe tener en consideración el uso correcto del agua en los canales del cultivo para así, ayudar a minimizar los impactos negativos ocasionados por el mal uso del recurso hídrico y a su vez, evitar el exceso de humedad y la degradación del suelo. No obstante, para evitar algunos de estos impactos negativos también se debe tener en consideración otros aspectos climáticos como la temperatura y la precipitación que llegan a afectar la disponibilidad de agua y la demanda de riego (Sánchez, Hernández, Dell'Amico, & Pérez, 2016).

Por otro lado, la gestión eficiente del agua es esencial para la producción de arroz en condiciones climáticas extremas. Estas incluyen prácticas como el riego por goteo, el uso de sistemas de drenaje y la implementación de técnicas de gestión integrada del agua, que actualmente si se usan, pero muchas veces de una manera no tan rendidora. Además, el uso eficiente del agua no sólo aumenta la productividad de los cultivos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental para mejorar o mitigar la producción de arroz frente a las variaciones climáticas (Michael Ruiz, Amico, & Polón, 2018).

### **2.8 Sistema de pronóstico climático**

Por lo general los sistemas de pronósticos son utilizados en diversos campos, tanto como empresarial como a nivel nacional. De hecho, en el sector agrícola puede incidir enormemente para pronosticar las variaciones y saber cómo, cuándo y dónde empezar de una manera mucho más eficiente la producción de arroz. Además, los sistemas de alerta temprana y predicción del clima son herramientas importantes para gestionar los riesgos climáticos en la agricultura. Estos sistemas brindan información oportuna sobre eventos climáticos extremos para que los agricultores puedan tomar decisiones informadas y tomar medidas preventivas para minimizar los daños y mejorar la rentabilidad. (Boken, 2000)

## **2.9 Impacto del cambio climático en la producción de arroz**

El cambio climático representa una amenaza significativa para la producción de arroz en la región costa del Ecuador. Las alteraciones en los patrones de temperatura y precipitación, el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos y el cambio en la distribución de plagas y enfermedades son algunos de los impactos más relevantes. Es crucial comprender estos efectos y desarrollar estrategias de mitigación y adaptación para garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la producción de arroz.

Por otro lado, la productividad del arroz al concentrarse específicamente en la región costa estos son mayormente vulnerables ante estos impactos ambientales debido a su ubicación geográfica y su enorme dependencia a la agricultura en este severo caso el arroz. A su vez, tenemos también los efectos del fenómeno del niño que se caracterizan principalmente por un calentamiento anómalo de las aguas en el océano pacífico y posterior a esto, ocasiona fuertes lluvias días tras días (Martinez, Zambrano, & Nieto, 2023).

No obstante, el arroz es una planta que requiere condiciones específicas de temperatura y agua para crecer adecuadamente, sin embargo, estos efectos del fenómeno del niño han ocasionado afectar a la germinación y al crecimiento de la planta, por las altas temperaturas ocasionadas y el exceso de agua por las lluvias. De hecho, Entender los impactos específicos de este fenómeno y desarrollar estrategias de adaptación y mitigación es crucial para asegurar la sostenibilidad y productividad del cultivo de arroz. La combinación de variedades resilientes, manejo adecuado del agua, prácticas agrícolas sostenibles y el uso de tecnología y pronóstico climático puede ayudar a los agricultores a enfrentar los efectos adversos de el niño y proteger sus medios de vida (Pesquisa, 2011).

### **3. CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

En esta sección de métodos, se analizará y se detallará la estadística existente entre la producción de arroz y su variación o situación climática principalmente frente sus determinantes. De hecho, se tendrá en cuenta la información tanto primaria como secundaria de los entes principales de agricultura, geografía y alimentaria en el Ecuador. Según la (INEC) y censada por la (ESPAC).

#### **3.1 Tipo de investigación**

Considerando todos los parámetros y variables que se necesita o que se utilizaran para determinar o para predecir el mejoramiento significativo de la producción de arroz en la región costa del Ecuador, la investigación se llevará a cabo utilizando un enfoque cuantitativo con componentes descriptivos y correlacionales.

El enfoque cuantitativo es adecuado porque permite medir y analizar con precisión variables específicas, proporcionando resultados que pueden ser generalizables a una población más amplia. A través del enfoque descriptivo, se busca ofrecer una representación detallada de las condiciones climáticas extremas que afectan la producción de arroz en la región costa del Ecuador. De hecho, considerando eventos históricos como el fenómeno del niño que ha dejado grandes pérdidas en el sector agrícola. Por otro lado, esto incluye la identificación y caracterización de eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, y variaciones extremas de temperatura.

El componente correlacional de la investigación permitirá identificar y analizar las relaciones entre las variables climáticas y los rendimientos del arroz. De hecho, Este análisis es crucial para entender cómo factores como la temperatura, la precipitación y la humedad influyen en el crecimiento y producción del arroz. Además, se analizará cómo estos factores interactúan entre sí y con otras variables agronómicas, como las prácticas de cultivo y el uso de tecnología agrícola. La

combinación de estos enfoques proporcionará una comprensión holística y detallada de los determinantes climáticos en la producción de arroz.

### **3.2 Alcance**

Es de suma importancia conocer el tipo de investigación que se va a realizar, ya que, el alcance de esta investigación incluye tanto el dominio descriptivo como el explicativo. El objetivo de la descripción descriptiva es ofrecer una visión integral de las condiciones climáticas adversas que afectan la región costera ecuatoriana y su impacto en la producción de arroz. La tarea implica rastrear patrones y tendencias climáticas históricas, así como describir los efectos específicos de estos eventos en diferentes puntos del proceso de producción de arroz.

Por otro lado, el dominio explicativo se utilizará para investigar las causas de los desafíos de la producción de arroz relacionados con el clima. La atención se centra en analizar los vínculos entre la producción de arroz y el impacto de las condiciones climáticas. El objetivo es aclarar por qué condiciones climáticas específicas tienen un mayor impacto en la producción y cómo los métodos agrícolas pueden mitigar o intensificar estos efectos. El alcance explicativo permitirá la formulación de estrategias basadas en evidencia para mejorar la resiliencia de la producción de arroz en condiciones climáticas adversas.

### **3.3 Población y muestra**

El presente estudio se llevará a cabo como un análisis documental, es decir, la evolución de la producción de arroz en la zona costera del Ecuador desde el año 2015 hasta su última producción del año anterior para así poder establecer parámetros de investigación histórica y poder predecir en base a estos datos. De hecho, la población que se está examinando consiste en productores de arroz de la región costa del Ecuador, con un enfoque principalmente en las provincias de mayor producción del país como lo son en Guayas, Los Ríos y Manabí. A su vez, la selección de estas provincias se basa en su importancia nacional en la producción de arroz y su susceptibilidad a condiciones climáticas extremas por su alta fertilidad y adaptación al cultivo.

Por otro lado, el muestreo probabilístico permitirá, a su vez, poder responder las preguntas anteriormente planteadas y comprender con mayor eficiencia el comportamiento que incide la producción de arroz frente a las determinantes ambientales. Cabe recalcar, que, con dichos antecedentes históricos de las producciones de arroz anuales en el Ecuador, se podrá recopilar dicha información para después ser analizada y a su vez, permitir predecir el comportamiento de la producción de arroz y minimizar pérdidas económicas que incluso han causado estragos en la oferta y la demanda del arroz. Además, para evitar así, el alza del precio del quintal de arroz a los ecuatorianos.

De acuerdo con Arias, Villacis & Miranda (2016), en su artículo de La población de estudio define a la población como: “un conjunto de casos, que formará el referente para la elección de la muestra, y que, a su vez, cumple con una serie de criterios predeterminados” (p.3). Con base en lo mencionado, la población se define así, como el conjunto de personas u objetos que se necesitará para poder ser utilizados en la investigación ya sea desde casos o muestras biológicas, hasta expedientes y demás.

### **3.4 Análisis de datos**

Para este trabajo de investigación se realizarán diferentes tipos de análisis estadísticos para la predicción. De hecho, en esta investigación, veremos dos formas principales de analizar datos: (forecasting) predicción y regresión. De hecho, desarrollar un modelo de predicción para estimar las variables es de gran importancia a la hora de la toma de decisiones, por lo que se implementará en base a la producción de arroz anual de la región costa del Ecuador desde el año 2015.

Al utilizar estos métodos, podemos anticipar lo que podría suceder con la producción de arroz en el futuro cuando el clima no sea tan agradable y descubrir cómo los diferentes factores climáticos afectan la cantidad de arroz que podemos cultivar.

Usaremos información de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG) para estudiar la producción de arroz y el clima. Analizaremos datos de más



de 20 años para poder predecir con mayor eficacia y a su vez, poder tomar mejores decisiones a la hora de producir arroz en la región costa del Ecuador.

Por otro lado, los procedimientos, dividiremos la serie temporal en tres partes: tendencia, estacionalidad y ruido. Esto nos ayudará a descubrir qué está pasando realmente con los datos. Modificaremos el modelo ARIMA para que coincida con los datos anteriores de producción de arroz y los factores climáticos que lo afectan. Además, podremos predecir cuánto arroz podremos cultivar en el futuro, dependiendo del clima.

Para este análisis, se utilizarán los mismos datos históricos de producción de arroz y variables climáticas que en el análisis de forecast. Adicionalmente, se incluirán datos sobre prácticas agrícolas, uso de tecnología y otros factores relevantes que puedan influir en la producción. De hecho, El análisis de regresión se llevará a cabo utilizando regresión lineal múltiple. Este método es adecuado para examinar la relación entre una variable dependiente (producción de arroz) y múltiples variables independientes (factores climáticos y agronómicos).

En primer lugar, se necesitan preparar los datos para su correcto análisis, de hecho, se limpiarán y normalizarán los datos para asegurar su calidad y comparabilidad. Se identificará y tratarán los valores atípicos y los datos faltantes. Para la siguiente fase, haremos un análisis exploratorio de datos descriptivos y gráficos para entender la distribución de las variables y las relaciones preliminares. Una vez hecho todos estos procedimientos, se efectuará la construcción del modelo de regresión.

**Construcción del Modelo de Regresión:** Se construirá un modelo de regresión lineal múltiple con la producción de arroz como variable dependiente y las variables climáticas (temperatura, precipitación, humedad) y agronómicas como variables independientes. A su vez, se evaluarán los resultados del modelo esperado para predecir las condiciones climáticas de la producción de arroz, de hecho, se evaluará la significancia estadística de los coeficientes del modelo utilizando pruebas t y el valor p. Se utilizarán medidas de ajuste como el R-cuadrado y el error cuadrático medio (MSE) para evaluar la precisión del modelo.

El análisis de regresión permitirá identificar los factores climáticos más influyentes en la producción de arroz y cuantificar su impacto. Se espera que variables como la precipitación y la temperatura tengan un efecto significativo en los rendimientos del arroz. Además, se podrán identificar interacciones entre variables climáticas y prácticas agrícolas que afecten la producción. De hecho, los resultados del forecast y la regresión se integrarán para proporcionar una visión comprensiva de cómo las condiciones climáticas adversas afectan la producción de arroz en la región costa del Ecuador. Se discutirá cómo los productores pueden utilizar esta información para tomar decisiones informadas y adaptar sus prácticas agrícolas para mitigar los impactos negativos del cambio climático. También se considerarán las implicaciones para la formulación de políticas agrícolas y la planificación a largo plazo.

Finalmente, los pronósticos generados a partir del modelo ARIMA ofrecerán una perspectiva a futuro, permitiendo a los productores y formuladores de políticas anticipar cambios y prepararse adecuadamente. Los resultados del análisis de regresión proporcionarán una comprensión detallada de las relaciones actuales entre variables climáticas y producción de arroz, ofreciendo bases sólidas para intervenciones específicas.

## **4. CAPÍTULO IV RESULTADOS**

### **4.1 Análisis del Sector Arrocerero en Ecuador en base a producciones anuales**

A lo largo de los años, el arroz ha sido pieza fundamental en el ámbito económico y social del país. De hecho, se considera que el Ecuador produce un promedio de 5.28 toneladas métricas por hectárea de arroz de las cuales las principales productoras se encuentran en la región costa, en las provincias de Guayas, Los ríos y Manabí (MAG, 2021).

Además, es de suma importancia saber que el arroz que se produce en el Ecuador es para el consumo interno de cada habitante, de hecho, un 96% se consume a nivel nacional, mientras que para exportar a países vecinos tan solo el 4%. Por otro lado, para esta investigación es necesario determinar la estadística existente entre la producción de arroz y sus determinantes en la región costa del Ecuador. Sin embargo, para el eficiente análisis de este sector arrocerero, se compararán datos históricos que han ido evolucionando a lo largo de los años en la región costa del Ecuador. Por lo que identificaremos como ha aumentado o disminuido la producción de arroz en diferentes temporadas anuales desde el 2015 en donde se producían grandes toneladas de arroz anuales.

En el año 2015, en Ecuador se registró una producción total cosecha del cultivo de 1.65 millones de toneladas, teniendo un rendimiento mejor en comparación al año anterior con un aumento del 4.41%. De hecho, en el siguiente gráfico se podrá observar la comparativa de la superficie cosechada por cada provincia de la costa en miles (CFN, 2018).

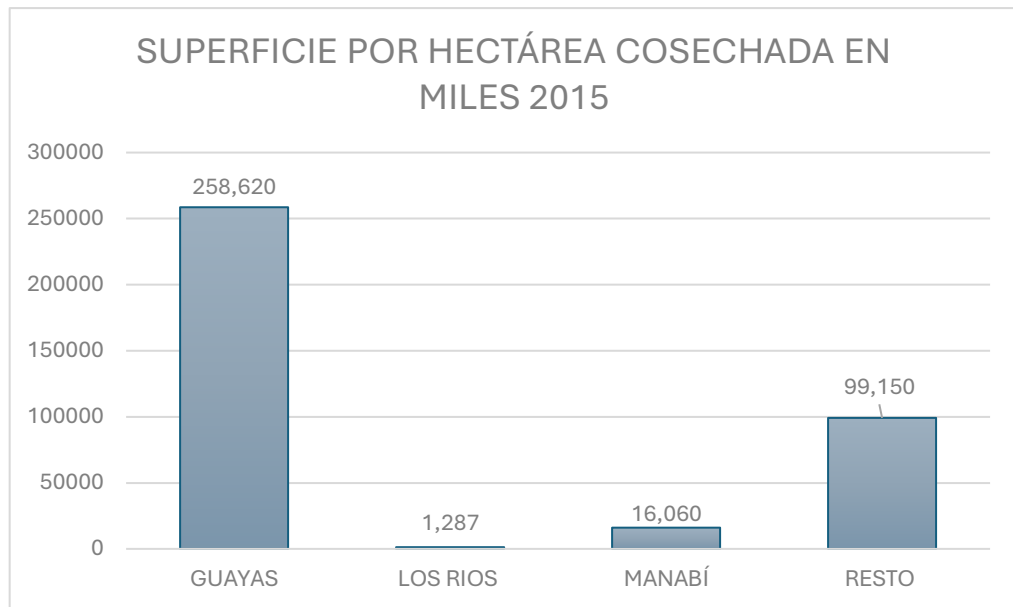


Figura 1 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2015

Fuente: corporación financiera nacional.

Tal como señala (CFN, 2018), “en el 2016, Guayas abarcó el 67% de la producción nacional de arroz”. Teniendo así una disminución tanto en producción por superficie cosechada, como producción en toneladas anuales. De hecho, en comparación al último año tuvo una caída del rendimiento de por lo menos 4.19%.

Estas provincias que son las principales productoras del cultivo de arroz a nivel nacional, mantienen un porcentaje significativo de las cuales la provincia de Guayas lideró con un 67% de producción de arroz, mientras que las provincias de Manabí con un 27% y Los rios con 4% dejando así tan solo 1% de producción cosechada por el resto de provincias en el año de 2016 (CFN, 2018).

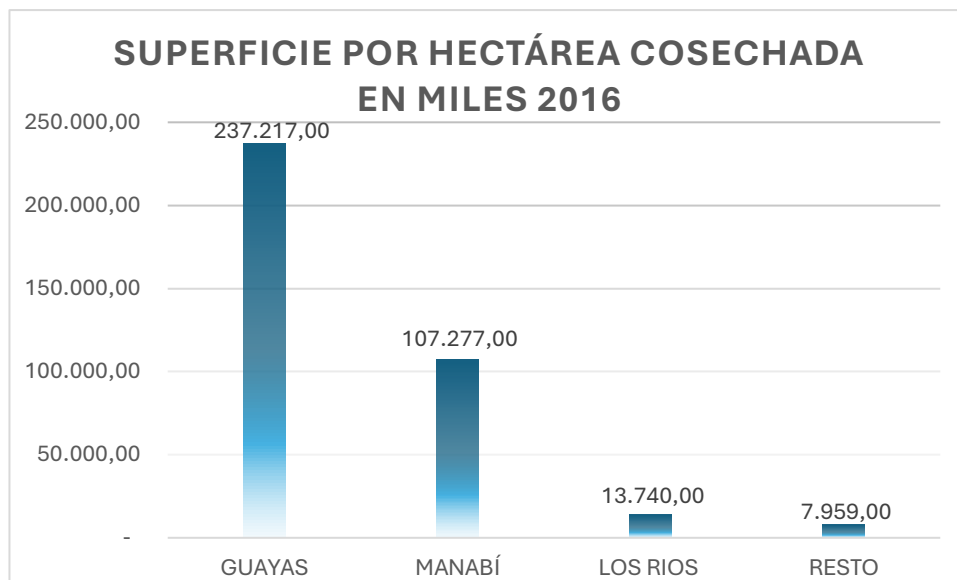


Figura 2 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2016

Funt: Corporación financiera nacional

Por otro lado, en el año 2017 hubo una disminución de producción de arroz por tonelada al final del año. De hecho, la producción cosechada en dicho año, descendió 1.066.6 millones de toneladas producidas. Sin embargo, el rendimiento por hectárea del cultivo de arroz tuvo una puntuación de 3.0 siendo no tan favorable para ese año. En la producción anual que se presentó al final de su temporada anual, la provincia del Guayas volvió a liderar por grandes cantidades la producción total en comparación a Manabí y Los Ríos. Además, nuevas provincias como El oro y Lojas comenzaban a competir y ganar terreno en el sector agrícola del cultivo del arroz (CFN, 2023).

En el siguiente cuadro se puede observar las hectáreas cosechadas (en miles) por cada provincia, principalmente las de la región costa del Ecuador que sin lugar a dudas, Guayas seguiría siendo pionero en el rendimiento y producción de arroz por hectárea.

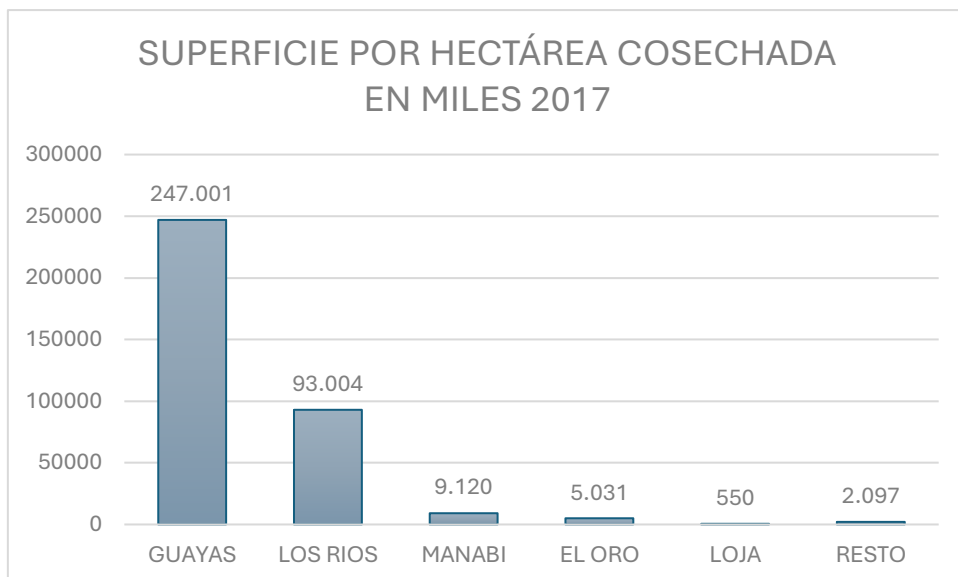


Figura 3 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2017

Fuente: Corporacion financiera nacional.

El ciclo evolutivo de la producción de arroz en la zona costera del Ecuador se ha enfrentado a grandes desafíos ambientales y otros factores determinantes que no han permitido el eficiente desarrollo del cultivo. Sin embargo, en el año 2018 la producción de arroz por hectareas tuvo un mejor rendimiento en comparación al año anterior. De hecho, tuvo un aumento de 1.5 al rendimiento de tonelada por hectarea cosechada en la zona costa del Ecuador. Mientras que su producción también ascendió a 1.350.1 toneladas (CFN, 2022).

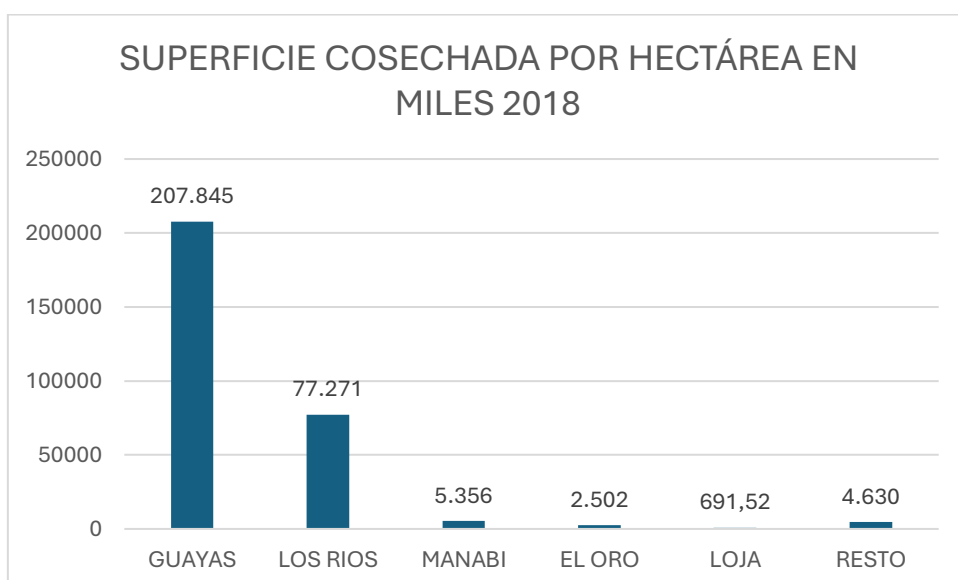


Figura 4 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2018

Por otro lado, en el año 2019 que existieron muchos problemas ambientales, pandemias y demás, la producción de arroz tuvo una caída significativa que descendió hasta 1.099.7 millones de toneladas de la cual representó una reducción del 18.5% en comparación al año anterior (Plan V, 2023).

No obstante, se presenta mediante una tabla las producciones totales por cada provincia que realizó en el 2019. De hecho, sin tener tanto aporte en producción por hectárea comparado al año anterior, Guayas siguió liderando como principal productora y cosechadora de arroz por hectárea de cultivo (CFN, 2022).

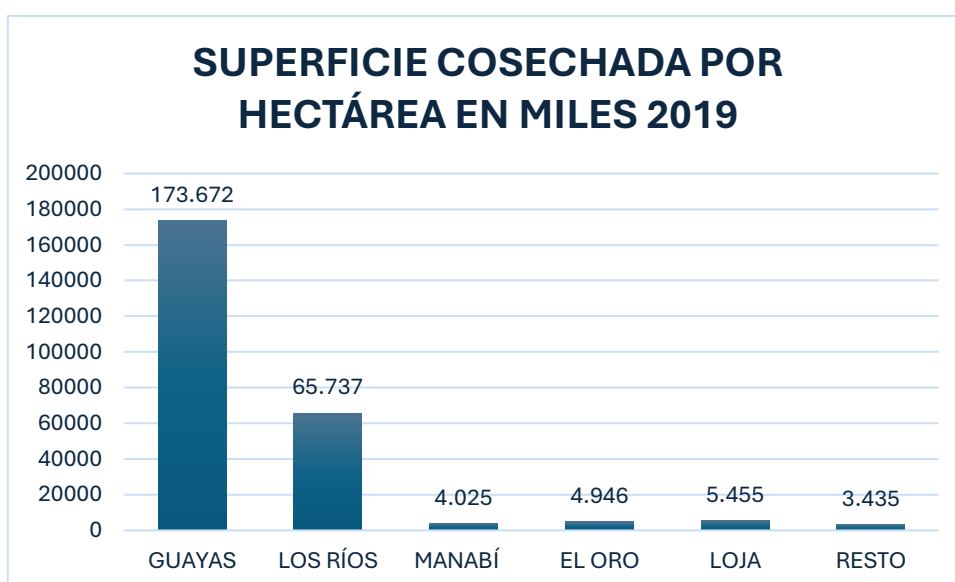


Figura 5 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2019

Fuente: Corporación financiera nacional

El sector agrícola en el año 2020 representó un aumento considerable en la superficie total cosechada de arroz que ascendió en gran medida frente al anterior año con una producción total por hectárea de 312.9 miles. De hecho, el sector agrícola tuvo un crecimiento de hasta 21.6% con respecto al 2019. Además, teniendo nuevamente a los principales productores de arroz a Guayas y Los Ríos, con una producción total de 1.3 millones de toneladas cosechadas en todo el año 2020. No obstante, la participación de las demás provincias se sitúan muy por debajo de estas dos grandes productoras provinciales (INEC, 2021).

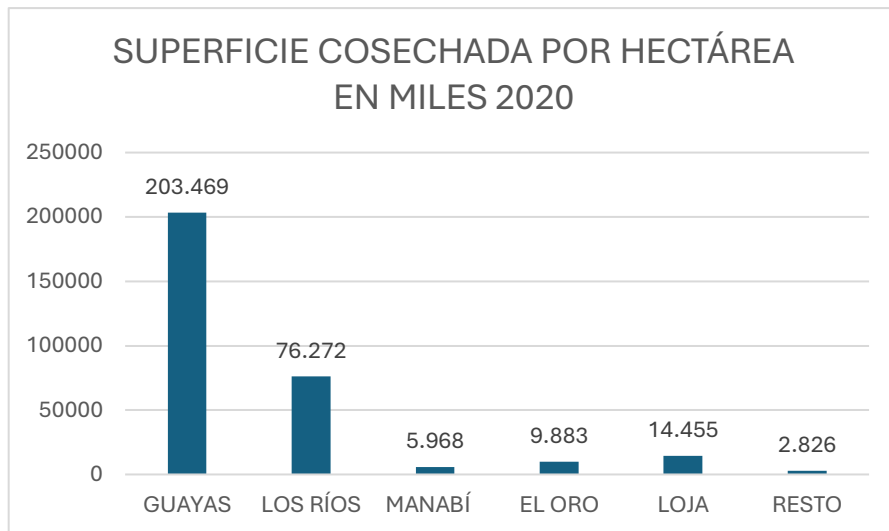


Figura 6 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2019

Fuente: Corporación financiera nacional

El sector arrocero del Ecuador ha enfrentado diversos desafíos a lo largo de estos años, por lo que el fenómeno del niño y otras crisis ambientales no han sido impedimento para que los agricultores puedan mitigar estos problemas. De hecho, en la producción total del año 2021, presentó una gran evolución en comparación a los anteriores años, teniendo así un crecimiento del 8.76% con superficie cosechada de 340.281 hectáreas (INEC, 2022).



Figura 7 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2021

Fuente: Corporación financiera nacional



Por otro lado, tenemos nuevamente a la provincia de Guayas que lidera la superficie de producción de arroz cosechada a nivel nacional. De hecho, del 93% de la producción de arroz total, Guayas obtuvo un 63% y Los Ríos un 30%. En la siguiente tabla se detallarán la superficie, la producción y el rendimiento cosechado en las principales prvincias de la región costa del Ecuador (CFN, 2023).

Para el año 2022 el sector arrocero del Ecuador, tendría algunos inconvenientes con su producción, ya que, debido a las altas lluvias e inundaciones, los agricultores tuvieron perdidas en sus hectareas de cultivo. De hecho, según (INEC, 2023) “ La superficie total cosechada de arroz en el 2022 fue de 337.823 hectáreas registrando una disminución del 0.7% respecto a la cifra del año anterior”. Teniendo así los siguientes datos recopilados de superficie cosechada de arroz por provincia en este año no tan bueno como el anterior (INEC, 2023).

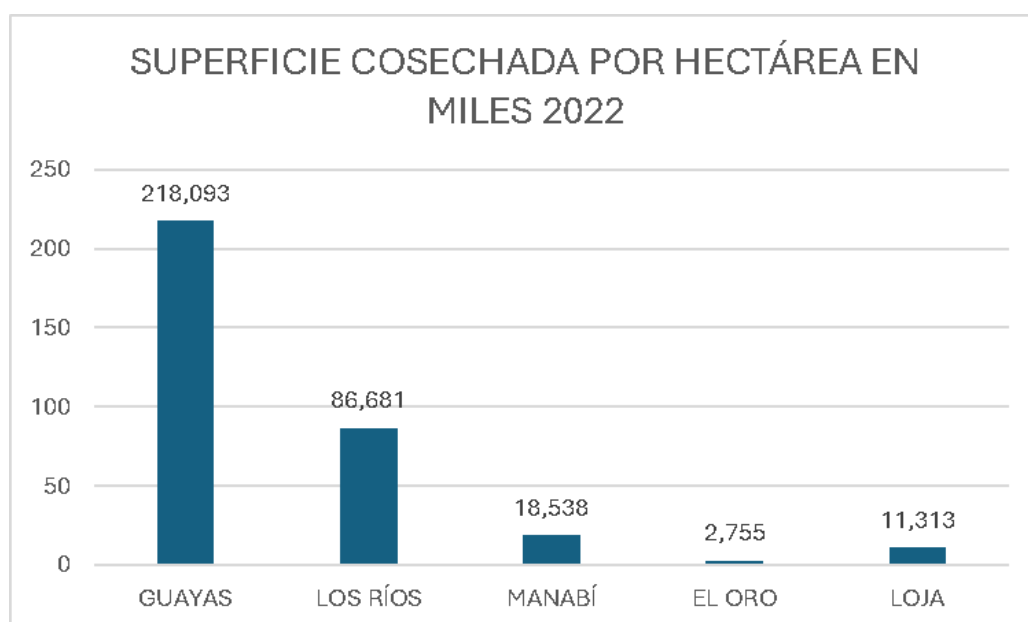


Figura 8 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2022

Fuente: Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC)

Por otro lado, en el último reciente año 2023 el sector agrícola se recuperó de la caída de producción que tuvo en el año anterior, de hecho, tuvo un incremento del 1.5% de su producción por hectárea. Además, representó una superficie cosechada de 343.0.50 hectáreas de cultivo de arroz (INEC, 2024). Teniendo así nuevamente como principal productor de arroz a nivel nacional a la provincia del Guayas, que se ha mantenido en el primer puesto desde hace ya varios años atrás debido a los

antecedentes de su producción y al trabajo arduo de sus agricultores. En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje total que ocupa cada provincia productora de la región costa del Ecuador.

Por otro lado, la producción total de todas estas provincias costeras del Ecuador, representaron al menos 1.6 millones de toneladas de arroz producidas con una variación interanual del 4.8% en comparación a los anteriores años registrados, manteniendo así, una variación sumamente positiva (INEC, 2024). A continuación se mostrará el resumen del último año de producción de arroz total en las principales provincias del Ecuador (INEC, 2023).

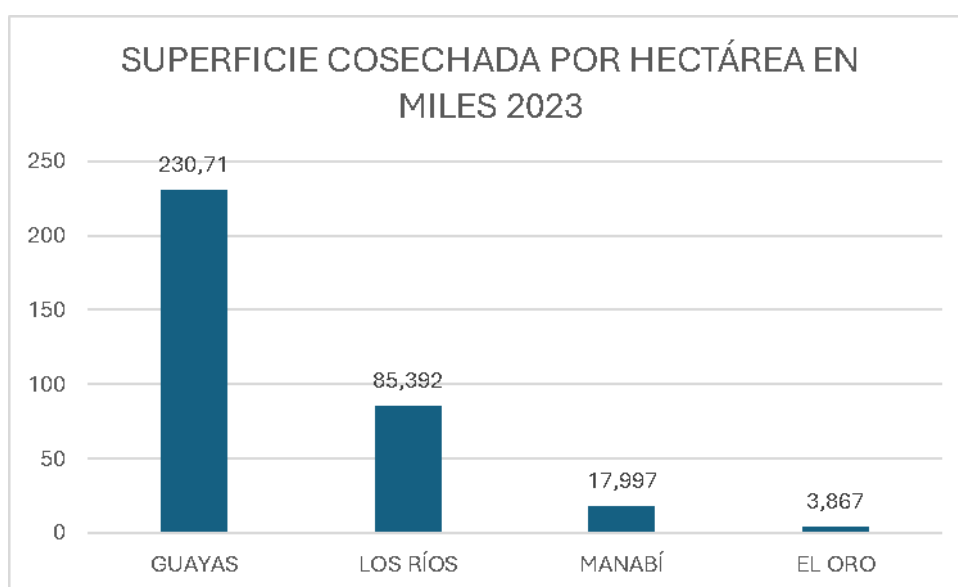


Figura 9 Superficie total cosechada en toneladas por hectárea año 2023

Fuente: Instituto nacional de estadística y censos (INEC).

El sector arrocero del Ecuador ha carecido de altas y bajas a lo largo de los años. De hecho, el cultivo del arroz es uno de los principales afectados en épocas de lluvias o de escasez en la oferta y la demanda. Sin embargo, estos no han sido grandes impedimentos para que los agricultores traten de mitigar todos estos impactos negativos para la sostenibilidad y rendimiento del cultivo. Así mismo, a continuación se mostrará como ha ido evolucionando la producción de arroz en el Ecuador, y como se podrá caracterizar la productividad del cultivo en su ciclo evolutivo a lo largo de los años.

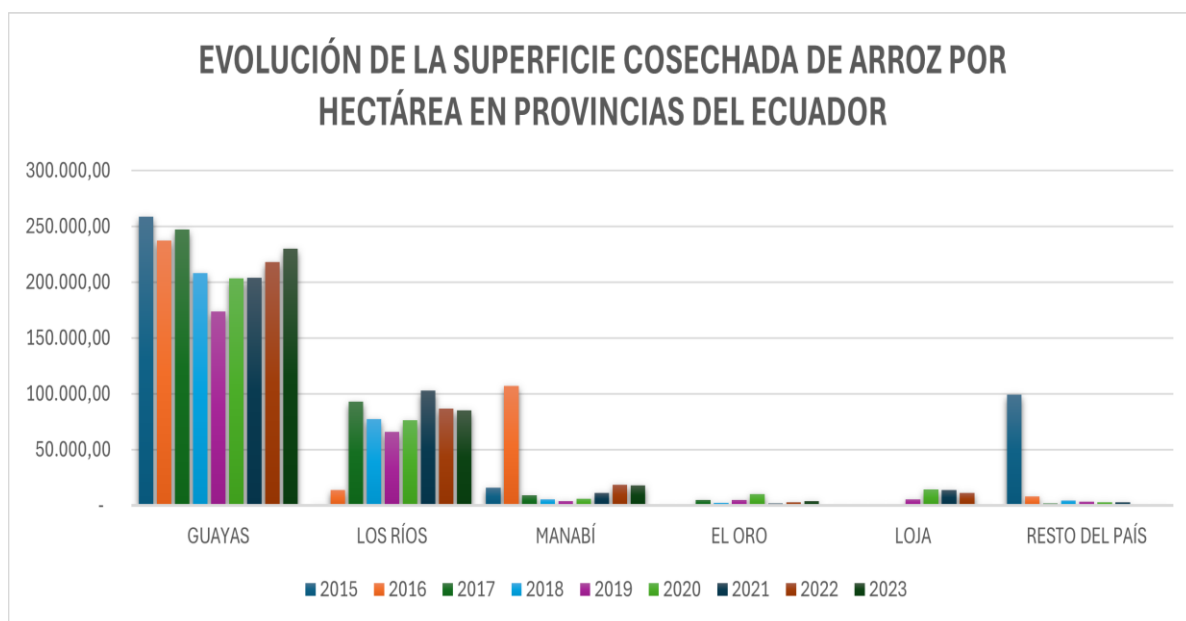


Figura 10 Evolución de la superficie cosechada por hectárea en las principales provincias del Ecuador

Fuente: Instituto nacional de estadísticas y censos, MAG, Corporación financiera nacional.

Con base en la información anteriormente recopilada de la evolución que ha tenido el sector arrocerero a lo largo de los últimos ocho años, se puede concluir que es de vital importancia realizar un análisis completo de todas las determinantes que han afectado a la producción del arroz y a su cultivo. De hecho, en este estudio de análisis de datos, se ha encontrado que la provincia que mayor productividad refleja en cuanto a superficie cosechada de arroz por hectárea es Guayas, además, se tiene en cuenta que la región costa del Ecuador, es la principal comercializadora y productora anivel nacional con un consumo interno del 96% mientras que el restante del 4% queda para exportación, principalmente a países vecinos como Colombia.

Por otro lado, para un país como Ecuador, el cual forma parte del 10% de países ricos en biodiversidad a nivel mundial, se vuelve importante vislumbrar, a modo de minimizar los impactos ambientales ocasionados mayormente por el uso de los recursos o factores fuera de nuestras manos naturales, determinar cuáles son las principales a nivel cualitativo y cuantitativo determinantes ambientales que determinan la producción de arroz en la región costa del Ecuador.

## **4.2 Determinante ambiental principal en la producción de arroz**

El sector arrocero juega un papel estratégico, sobre todo por los encadenamientos productivos y comerciales que desarrolla con otros sectores agrícolas e industriales. Asimismo, las opciones de desarrollo del sector arrocero estarán asociadas a la evolución y comportamiento del mercado nacional. Sin embargo, el cultivo del arroz enfrenta un sin número de desafíos y oportunidades que inciden principalmente en los factores ambientales como el clima, la temperatura, la precipitación, la humedad, la disponibilidad de agua entre muchas. De hecho, este análisis se centra en estos factores determinantes de temperatura y precipitación que han venido afectando el rendimiento del cultivo durante varios años.

Por otro lado, debido a las situaciones climáticas y calores extremos que se han presentado en estos últimos años y como el planeta en general está generando un sobrecalentamiento sin precedentes jamás antes visto en la historia, nos hace tomar medidas drásticas de mitigación y solución al problema ya que, el arroz al ser un producto indispensable en la dieta ecuatoriana se debería mejorar y reforzar las prácticas agrícolas en conjunto al uso de nuevas tecnologías para evitar así una caída de rendimiento y de producción como ya se ha visto en años anteriores.

Cabe destacar que la producción de arroz, al igual que la de otros alimentos, no solo depende del clima para su producción sino también las lluvias bruscas, heladas, sequías y aumento de temperatura en los suelos son factores que pueden disminuir la producción de arroz. La baja en la producción lleva a buscar informes del sector agrícola.

De hecho, según el instituto nacional de meteorología e hidrología que es el encargado de emitir el boletín de predicción climática, desarrollada en el mes de septiembre del anterior año, demostró la predicción y variación climática que tendría énfasis en la temperatura y precipitación en la región litoral o costa, efectivamente la que se necesita para estimar las predicciones de la producción de arroz.

Según las determinantes ambientales que han tenido incidencia en el sector agrícola, se considera a una de las más importantes registrada en el año 2022. De hecho, la crisis económica que azotó el país y los grandes desafíos que trajo consigo

el fenómeno del niño, dejó pérdidas en el cultivo del arroz de hasta 7.975 hectáreas, de las cuales un 62% cedió a pérdida total. Todo esto causado por las intensas lluvias e inundaciones que dejó el fenómeno del niño en dicho año. Además, este suceso se agravó, ya que, dejó pérdidas económicas de hasta 50 millones de dólares entre agricultores y productores (PRIMICIAS, 2023)

El instituto nacional de meteorología e hidrología (INAMHI), es el principal encargado de realizar todos los estudios necesarios sobre el clima y sus variantes en cada una de las provincias del Ecuador. De hecho, en el año 2015 el océano pacifico presentó una de las temporadas más fuertes registradas del fenómeno del niño registrando anomalías y sobrecalentamiento en el mar. Por otro lado, en este análisis mostraremos como la precipitación que es uno de los determinantes más importantes que inciden directamente a la producción de arroz, tuvo en ese año algunos incrementos y decrementos en la región litoral costa y Galápagos (INAMHI, 2016).

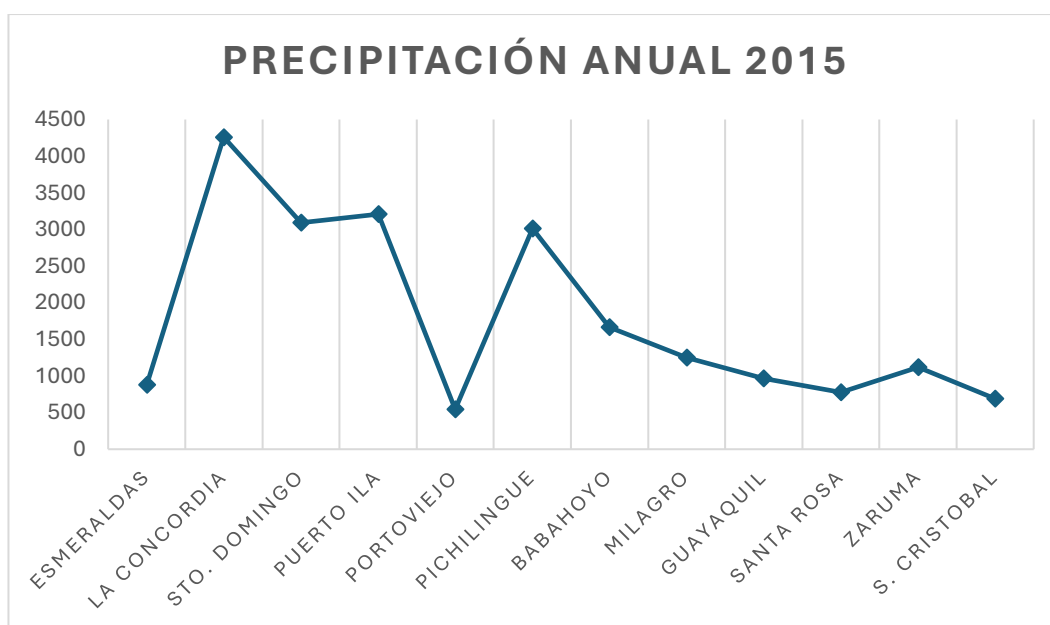


Figura 11 Precipitación estimada anual de la región costa año 2015

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

Para el año 2016, los factores ambientales no fueron tan considerables como en comparación al año 2015, ya que según las temperaturas y las precipitaciones fueron ligeramente más bajas presentando incluso una región del niño de 3.4 con anomalías positivas. La precipitación registrada en la región costa y Galápagos

durante el primer semestre que fue entre enero y junio, presentó ligeros decrementos en algunas ciudades mientras que en su gran mayoría y principalmente en la provincia de Esmeraldas fueron de extrema situación climatológica en precipitación. A continuación, se presentarán los datos que más influyentes de la situación climática del año 2016 en su precipitación (INAMHI, 2016).

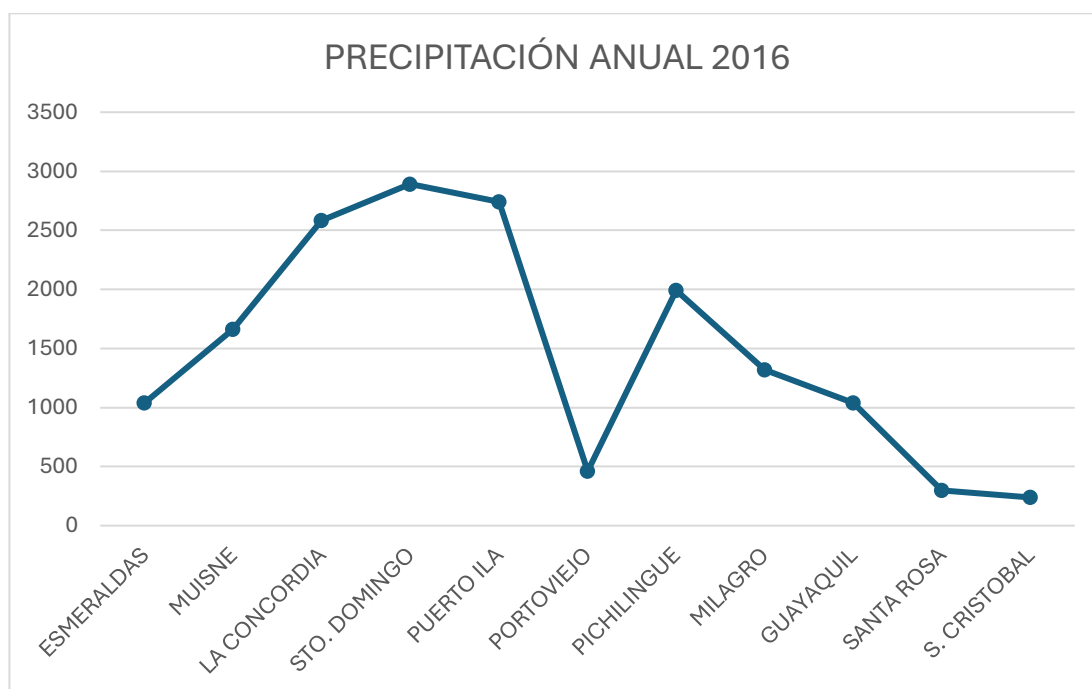


Figura 12 Precipitación estimada anual de la región costa año 2016

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

En la región costa del Ecuador se registraron precipitaciones positivas en comparación al año anterior. De hecho, la máxima precipitación registrada se dio en la Concordia con un valor aproximado de 802.8 mm en 28 días de lluvia.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente la precipitación y la temperatura son factores muy influyentes en el cultivo del arroz, por lo que para el año 2017 se presentarán informes muy determinantes que se deben tomar en consideración para un correcto análisis estadístico. De hecho, en dicho año se registraron temperaturas máximas de hasta 34.1 grados centígrados, mientras que se registró como mínimo de temperatura de 17.8 grados centígrados en la ciudad de Zaruma (INAMHI, 2017).

Figura 13:

Precipitación estimada anual de la región costa año 2017

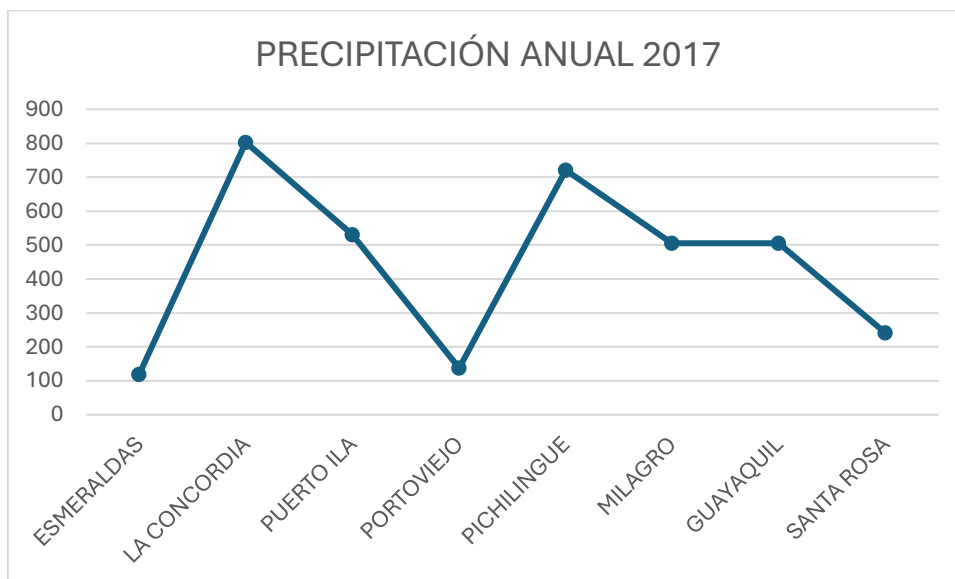


Figura 14 Precipitación estimada anual de la región costa año 2017

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

En el año 2018 el sector arrocero tuvo un importantísimo desarrollo en el sector agrícola y económico en el país. De hecho, tuvo la mayor cosecha registrada en esa categoría frente a los demás insumos de la dieta ecuatoriana. De hecho, todo esto se debió a la eficiente producción y mitigación que se realizó en dicho año, teniendo temperaturas y precipitaciones de acorde al cultivo. Además, las lluvias disminuyeron tanto que les permitió a los agricultores mejorar su eficiencia por hectárea.

Por otro lado, se obtuvieron precipitaciones máximas de hasta 386.2 mm. Con temperaturas máximas de aproximadamente 35.4 grados centígrados. De hecho, se analizará el comportamiento que tuvo la precipitación en cada una de las provincias de la región costa del Ecuador (INAMHI, 2018).

Figura 15:

Precipitación estimada anual de la región costa año 2018

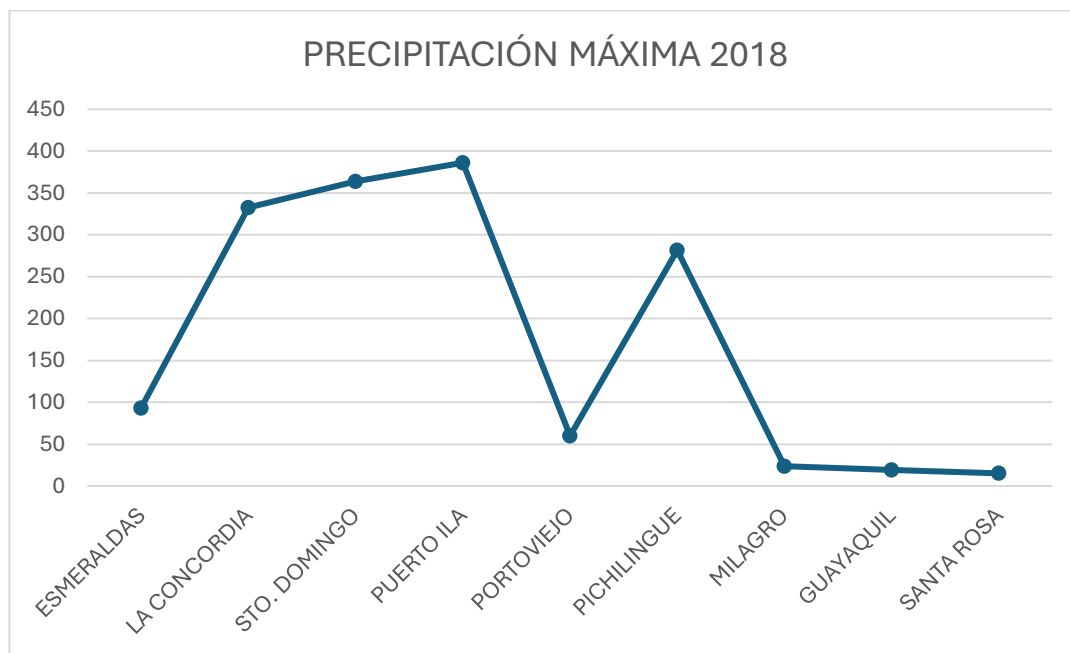


Figura 16 Precipitación estimada anual de la región costa año 2018

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

Para el año 2019 tenemos algunas variaciones en las estaciones climáticas, por lo que casi no se existieron lluvias tan intensas como los años pasados, teniendo en cuenta las anomalías negativas en las estaciones de Esmeraldas, Guayaquil y Milagro. De hecho, a continuación, se presentarán las tablas de las precipitaciones que tuvieron incidencia en la región costa del Ecuador.



Figura 17:

Precipitación estimada anual de la región costa año 2019

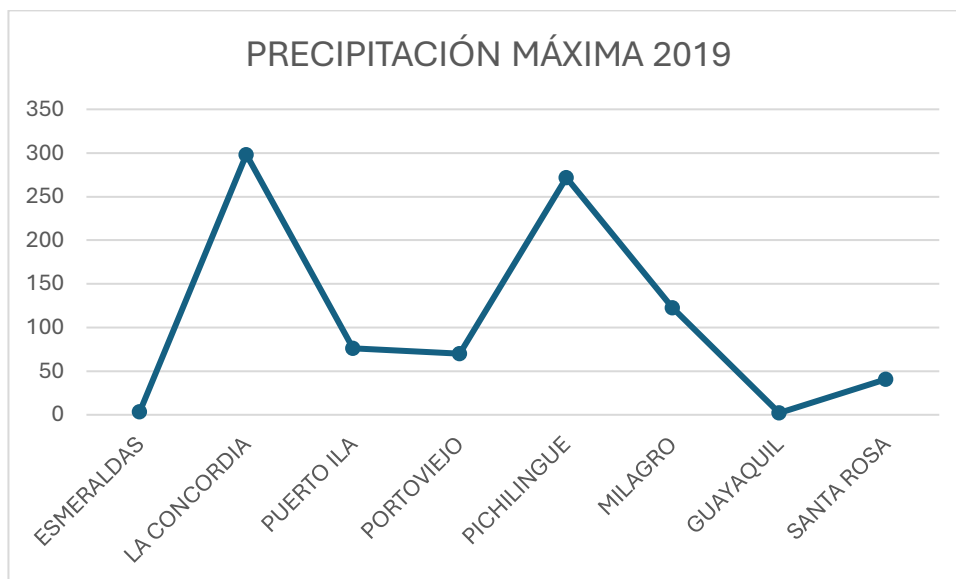


Figura 18 Precipitación estimada anual de la región costa año 2019

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

Para el año 2020, las estimaciones climáticas se mantienen un poco por debajo del promedio de lluvias en cuanto a precipitación y temperatura por lo que la variabilidad es negativa. Registrando un valor máximo de precipitación acumulada de 56.1 mm. De hecho, a continuación, se mostrará una tabla con los valores de precipitación de cada provincia de la región costa del Ecuador (INAMHI, 2020).

Figura 19:

Precipitación estimada anual de la región costa año 2020

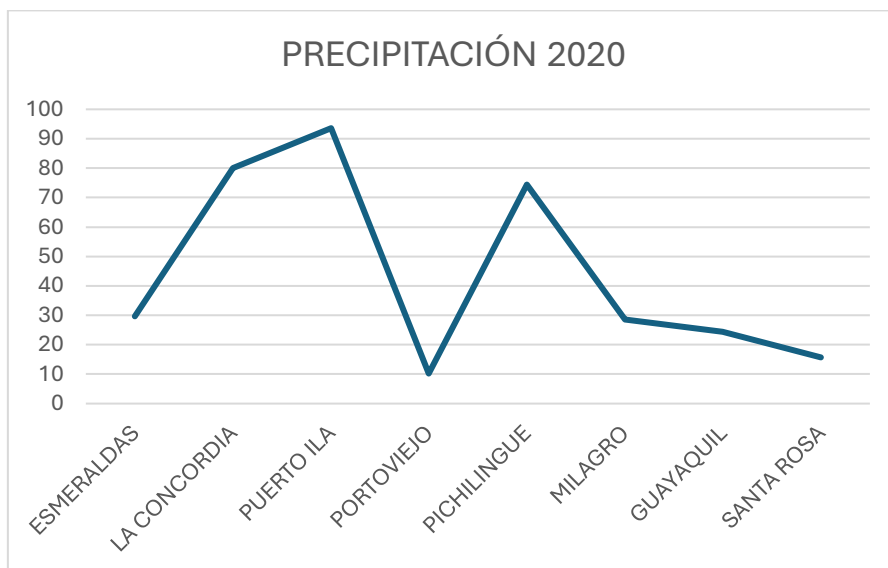


Figura 20 Precipitación estimada anual de la región costa año 2020

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

La precipitación que se registró en el año 2021 tuvo varios impactos negativos que influyó considerablemente en el sector agrícola, principalmente en los cultivos del arroz y el maíz. De hecho, estas estimaciones afectaron gran parte de la producción de arroz en la provincia del Guayas y Los Ríos, teniendo en cuenta valores negativos de aproximadamente un 75% de las estaciones operativas de las cuales Guayaquil fue el principal afectado por las lluvias considerables y presentando a su vez, pérdidas en el sector arrocero (MAG, 2021).

Figura 21:

Precipitación estimada anual de la región costa año 2021

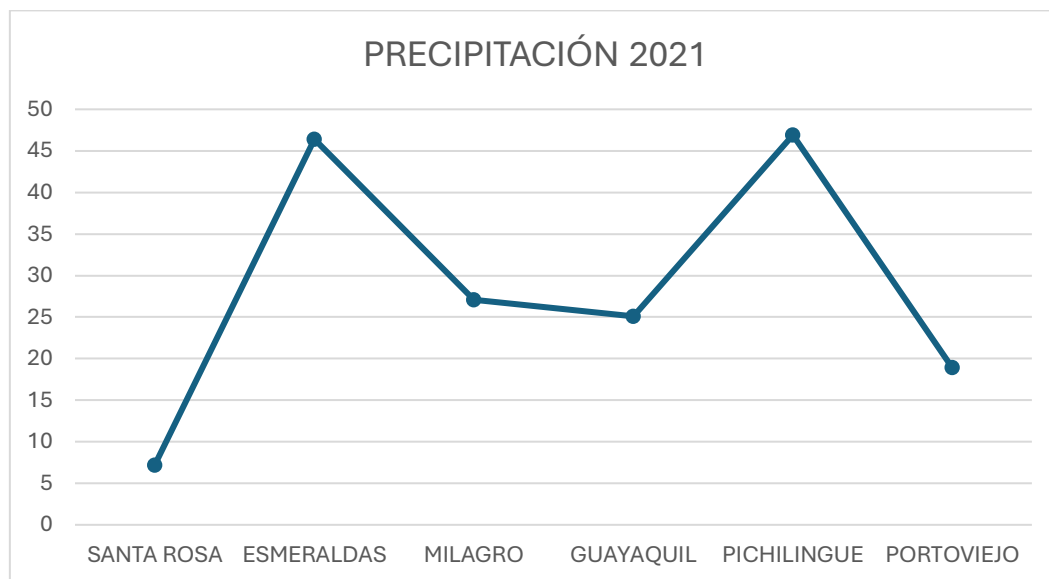


Figura 22 Precipitación estimada anual de la región costa año 2021

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

Para el año 2022, aumentó un poco más la precipitación en comparación al anterior año, de hecho, estas estimaciones no se mantuvieron por todo el año, sino por un aproximado mínimo. Sin embargo, presentó valores positivos para otros cultivos del sector agrícola como el cacao. No obstante, la producción de arroz se mantuvo casi a la par en comparación al año anterior por las lluvias presentadas en la región costa del Ecuador, a continuación, se presentará el gráfico comparativo que demuestra el nivel de precipitación por cada provincia principal de la costa (MAG, 2022).

Figura 23:

Precipitación estimada anual de la región costa año 2022

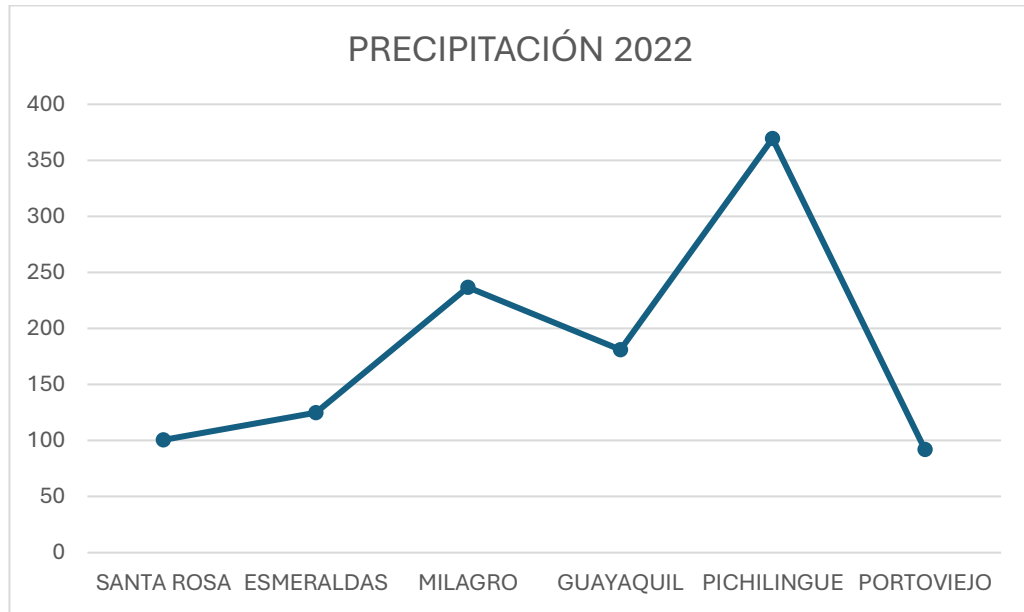


Figura 24 Precipitación estimada anual de la región costa año 2022

**Fuente: Instituto nacional de meteorología e hidrología del Ecuador.**

Este estudio demuestra principalmente lo importante que es relación de la producción de arroz con una de las posibles determinantes principales como lo es la precipitación, por lo que, para el último año registrado del 2023, se presentará una evolución de la precipitación y a su vez, se medirá la relación que existe mes a mes de la caída de lluvia en la región costa del Ecuador. De hecho, se han considerado datos climatológicos del periodo 1981-2010 (INAMHI, 2023).

Figura 25:

Precipitación estimada semestral de la región costa año 2023

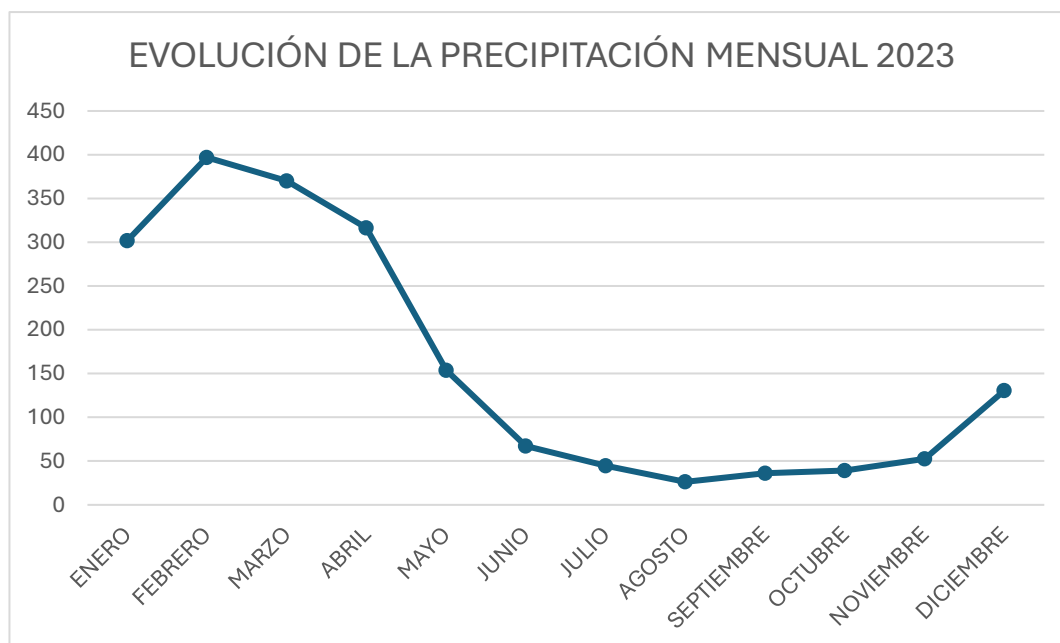


Figura 26 Precipitación estimada semestral de la región costa año 2023

### 4.3 Resultado de análisis estadístico forecast para la predicción de la producción de arroz frente a sus determinantes

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de un análisis estadístico de un gran conjunto de datos. Desde un modelo estadístico de forecast, hasta una regresión múltiple que mida los coeficientes del modelo. En esta primera parte, se desarrollará un modelo autorregresivo ARIMA para predecir el dinamismo de la producción de arroz en la región costa del Ecuador frente a sus principales determinantes como la precipitación, temperatura y humedad. Un modelo ARIMA se utiliza principalmente para la predicción de series temporales basadas en patrones o datos históricos (Jamal Fattah, 2018).

La región costa del Ecuador, es la principal productora de arroz a nivel nacional, sin embargo, a lo largo de los años han sumergido diversos problemas o factores que han hecho bajar el rendimiento del arroz y su producción, desde vientos muy fuertes hasta inundaciones provocadas por el fenómeno del niño. De hecho, para

reducir pérdidas y mitigar ciertas problemáticas que ha sufrido el arroz, se ha tenido en consideración datos históricos desde el año 1992 con un total de 32 observaciones hasta el último año y se ha realizado un modelo estadístico ARIMA (2,1,0).

Tabla 1:

Análisis autorregresivo ARIMA (2.1.0)

<i>Estadístico</i>	<i>Periodo de Estimación</i>	<i>Periodo de Validación</i>
RMSE	239831,	
MAE	180852,	
MAPE	14,8097	
ME	57978,1	
MPE	2,30097	

Tabla 2 Análisis autorregresivo ARIMA (2.1.0)

Tabla 3:

Resumen del modelo ARIMA (2.1.0)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>t</i>	<i>Valor-P</i>
AR (1)	-0,51058	0,161025	-3,17081	0,003575
AR (2)	-0,493223	0,15181	-3,24894	0,002928

Tabla 4 Resumen del modelo ARIMA (2.1.0)

Con una varianza estimada de ruido blanco: 5,98672E10 con 29 grados de libertad. Una desviación estándar estimada de ruido blanco = 244678,

Lo que nos arrojó el modelo de predicción autorregresivo ARIMA demuestra que en esta primera parte es de vital importancia para comenzar a entender el dinamismo que se obtuvo en las variables. Además, se debe identificar de cómo

comienza el análisis, este procedimiento que se obtuvo, pronostica futuros valores de producción de arroz de los cuales se estiman en datos históricos con un total de 32 periodos de tiempo. De hecho, este modelo asume que el mejor pronóstico disponible para datos futuros está dado por el modelo paramétrico que relaciona el valor más reciente con los valores y ruido previos.

Por otro lado, la salida resume la significancia estadística de los términos en el modelo de pronósticos. Términos con valores-P menores que 0,05 son estadísticamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%. El valor-P para el término AR (2) es menor que 0,05, de modo que es estadísticamente diferente de 0. La desviación estándar estimada del ruido blanco de entrada es igual a 244678. Mientras que, la primera tabla también muestra el resume del desempeño del modelo actualmente seleccionado en datos históricos dado que, se muestra de la siguiente manera:

- (1) la raíz del error cuadrado medio (RMSE)
- (2) el error absoluto medio (MAE)
- (3) el porcentaje de error absoluto medio (MAPE)
- (4) el error medio (ME)
- (5) el porcentaje de error medio (MPE)

Es de vital importancia saber que cada uno de los análisis estadísticos está basado en los errores de pronóstico uno-adelante, los cuales son las diferencias entre los datos al tiempo  $t$  y el valor pronosticado al tiempo  $t-1$ . Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores. Sin embargo, un mejor modelo daría un valor más pequeño y cercano a 0.

Para el siguiente análisis la tabla 3 mostrará los valores pronosticados para producción de arroz durante el periodo que hay disponibles datos, también se muestran los valores predichos del modelo ajustado y los residuos, es decir, datos pronósticos.

Tabla 5:

Pronóstico para la producción de arroz del modelo autorregresivo ARIMA

**Tabla de Pronósticos para Producción de arroz**

<i>Periodo</i>	<i>Datos</i>	<i>Pronóstico</i>	<i>Residuo</i>
1992	546978,		
1993	635447,	658149,	-22701,9
1994	1,24633E6	761163,	485162,
1995	947584,	890788,	56796,3
1996	975689,	798816,	176873,
1997	1,14786E6	1,10869E6	39170,9
1998	645952,	1,04609E6	-400137,
1999	721564,	817298,	-95733,6
2000	1,24663E6	930509,	316125,
2001	1,25717E6	941250,	315916,
2002	1,13281E6	992812,	139999,
2003	1,08471E6	1,19111E6	-106396,
2004	1,77838E6	1,17061E6	607774,
2005	1,47106E6	1,44793E6	23133,4
2006	1,50124E6	1,28584E6	215397,
2007	1,73413E6	1,63741E6	96727,6
2008	1,44205E6	1,60034E6	-158288,
2009	1,57941E6	1,47631E6	103093,
2010	1,70619E6	1,65334E6	52855,8
2011	1,47794E6	1,57371E6	-95770,6
2012	1,56554E6	1,53195E6	33587,3
2013	1,51605E6	1,63339E6	-117345,
2014	1,37995E6	1,49811E6	-118157,
2015	1,65279E6	1,47385E6	178944,
2016	1,53454E6	1,58061E6	-46073,5
2017	1,06661E6	1,46035E6	-393732,



2018	1,35009E6	1,36385E6	-13760,4
2019	1,09969E6	1,43614E6	-336458,
2020	1,3365E6	1,08772E6	248781,
2021	1,50421E6	1,33909E6	165119,
2022	1,56127E6	1,30178E6	259491,
2023	1,63635E6	1,44942E6	186930,

Tabla 6 Pronóstico para la producción de arroz del modelo autorregresivo ARIMA

Tabla 7:

Predicción del análisis autorregresivo ARIMA de la producción de arroz en el Ecuador

<i>Periodo</i>	<i>Pronóstico</i>	<i>Límite en 95% Inferior</i>	<i>Límite en 95% Superior</i>
2024	1,56987E6	1,06945E6	2,0703E6
2025	1,56678E6	1,00964E6	2,12393E6
2026	1,60115E6	1,02937E6	2,17293E6
2027	1,58513E6	932807,	2,23745E6
2028	1,57636E6	867778,	2,28494E6

Tabla 8 Predicción del análisis autorregresivo ARIMA de la producción de arroz en el Ecuador

El análisis estadístico nos muestra mediante las dos tablas los valores pronosticados de producción de arroz, a su vez, también se muestran los valores predichos del modelo ajustado y los residuos. De hecho, Para los periodos de tiempo más allá de la serie de tiempo, se muestran los límites del 95,0% de predicción para los pronósticos. Estos límites muestran en donde podría estar el valor verdadero del dato, al tiempo futuro seleccionado, con 95,0% de confianza, asumiendo que el modelo ajustado es apropiado para los datos.

Modelos:

(A) Caminata aleatoria

(B) Caminata aleatoria con drift = 35141,0

(C) Media constante = 1,29634E6

- (D) Tendencia lineal =  $-4,33956E7 + 22262,5 t$
- (E) Promedio móvil simple de 2 términos
- (F) Suavización exponencial simple con alfa = 0,4694
- (G) Suavización exp. De Brown con alfa = 0,2663
- (H) Suavización exp. De Holt con alfa = 0,4361 y beta = 0,0334
- (I) ARIMA (2,1,0)
- (J) ARIMA (0,1,1)
- (K) ARIMA (2,1,1)
- (L) ARIMA (2,2,1)
- (M) ARIMA (1,0,1)

Tabla 9:

Modelos del análisis estadístico ARIMA

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC	HQC	SBIC
(A)	279815	217265	17,8625	35141	0,526946	25,0838	25,0838	25,0838
(B)	282189	211692	17,5365	4,51E-11	-2,3376	25,1632	25,1783	25,209
(C)	336565	274604	27,0011	-3,64E-11	-9,77564	25,5156	25,5308	25,5614
(D)	268298	211443	19,4925	1,96E-10	-5,80334	25,1247	25,1551	25,2163
(E)	275982	199817	16,3115	50268,3	1,18408	25,1187	25,1339	25,1645
(F)	251229	179299	15,0487	54770,7	1,30012	24,9307	24,9459	24,9765
(G)	267650	200293	16,795	35379,4	0,858308	25,0574	25,0726	25,1032
(H)	252839	185356	16,2316	-37006,3	-5,90594	25,006	25,0364	25,0976
(I)	239831	180852	14,8097	57978,1	2,30097	24,9004	24,9307	24,992
(J)	253400	179056	14,4599	61817,2	2,35675	24,9479	24,9631	24,9937
(K)	238102	164214	13,4865	52287,7	2,19837	24,9484	24,994	25,0858
(L)	246221	175363	14,7138	10596,7	-1,54171	25,0155	25,061	25,1529
(M)	255889	178862	14,9983	19950,5	-0,746829	25,03	25,0604	25,1216

Tabla 10 Modelos del análisis estadístico ARIMA

Dentro de la tabla 5, tenemos la comparación de los resultados de ajustar diferentes modelos a los datos. De hecho, el modelo con el menor valor del criterio de información de Akaike (AIC) es el modelo I, el cual se ha utilizado para generar los pronósticos.

Tabla 11:

Resumen de resultados de los diferentes modelos para determinar si son adecuados para el análisis

<i>Modelo</i>	<i>RMSE</i>	<i>RUNS</i>	<i>RUNM</i>	<i>AUTO</i>	<i>MEDIA</i>	<i>VAR</i>
(A)	279815,	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	282189,	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	336565,	OK	***	***	**	**
(D)	268298,	OK	*	**	OK	OK
(E)	275982,	OK	OK	OK	OK	*
(F)	251229,	OK	OK	OK	OK	OK
(G)	267650,	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	252839,	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	239831,	OK	OK	OK	OK	OK
(J)	253400,	OK	OK	OK	OK	OK
(K)	238102,	OK	OK	OK	OK	OK
(L)	246221,	OK	OK	OK	OK	OK
(M)	255889,	OK	OK	OK	OK	OK

Tabla 12 Resumen de resultados de los diferentes modelos para determinar si son adecuados para el análisis

A continuación, se detallarán lo que significa cada una de las siglas del resumen de análisis estadístico, ya que, es de vital importancia saber que los datos han sido verificados y aceptados por el modelo.

RMSE = Root Mean Squared Error (Raíz del Cuadrado Medio del Error)

RUNS = Prueba corridas excesivas arriba y abajo

RUNM = Prueba corridas excesivas arriba y abajo de la mediana

AUTO = test Ljung-Box por autocorrelación excesiva

MEDIA = Prueba para diferencia en medias entre la 1ª mitad y la 2ª mitad

VAR = Prueba para diferencia en varianza entre la 1ª mitad y la 2ª mitad

OK = no significativo ( $p \geq 0,05$ )

\* = marginalmente significativo ( $0,01 < p \leq 0,05$ )

\*\* = significativo ( $0,001 < p \leq 0,01$ )

\*\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,001$ )

Por otro lado, la tabla 6 también resume los resultados de cinco pruebas para determinar si cada modelo es adecuado para los datos. Un (OK) significa que el modelo pasa la prueba. Un (\*) significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 95%. Dos (\*'s) significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 99%. Tres (\*'s) significa que no pasa la prueba al nivel de confianza del 99,9%. Note que el modelo actualmente seleccionado, el modelo I, pasa 5 pruebas. Puesto que ninguna prueba es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% o más, el modelo actual probablemente es adecuado para los datos.

Tabla 13:

Autocorrelaciones estimadas para los residuos con un nivel de confianza del 95%

#### Autocorrelaciones estimadas para residuos

<i>Retraso</i>	<i>Autocorrelación</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>Límite en 95,0% Inferior</i>	<i>Límite en 95,0% Superior</i>
1	0,0353273	0,179605	-0,352021	0,352021
2	0,0472545	0,179829	-0,35246	0,35246
3	-0,0166284	0,180229	-0,353244	0,353244

4	-0,176148	0,180279	-0,353341	0,353341
5	0,0710766	0,185748	-0,36406	0,36406
6	-0,00597195	0,186623	-0,365775	0,365775
7	-0,100683	0,186629	-0,365788	0,365788
8	-0,0175874	0,188373	-0,369206	0,369206
9	-0,0870521	0,188426	-0,36931	0,36931
10	0,103553	0,189719	-0,371844	0,371844

Tabla 14 Autocorrelaciones estimadas para los residuos con un nivel de confianza del 95%

Esta tabla muestra las autocorrelaciones estimadas entre los residuos a diferentes retrasos. El coeficiente de autocorrelación con retraso  $k$  mide la correlación entre los residuos al tiempo  $t$  y al tiempo  $t-k$ . A su vez, también se muestran límites de probabilidad del 95,0% alrededor de 0. De hecho, Si los límites de probabilidad a un retraso particular no contienen el coeficiente estimado, hay una correlación estadísticamente significativa a ese retraso al nivel de confianza del 95,0%. En este caso, ninguno de los 24 coeficientes de autocorrelación es estadísticamente significativos, implicando que la serie de tiempo bien puede ser completamente aleatoria (ruido blanco).

Tabla 15:

Autocorrelaciones parciales estimadas para residuos con un nivel de confianza del 95%

#### **Autocorrelaciones parciales estimadas para residuos**

<i>Retraso</i>	<i>Autocorrelación parcial</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>Límite en 95,0% Inferior</i>	<i>Límite en 95,0% Superior</i>
1	0,0353273	0,179605	-0,352021	0,352021
2	0,046064	0,179605	-0,352021	0,352021
3	-0,0199153	0,179605	-0,352021	0,352021
4	-0,177746	0,179605	-0,352021	0,352021
5	0,0874782	0,179605	-0,352021	0,352021

6	0,00600605	0,179605	-0,352021	0,352021
7	-0,120202	0,179605	-0,352021	0,352021
8	-0,0387748	0,179605	-0,352021	0,352021
9	-0,0452657	0,179605	-0,352021	0,352021
10	0,107552	0,179605	-0,352021	0,352021

Tabla 16 Autocorrelaciones parciales estimadas para residuos con un nivel de confianza del 95%

Esta tabla muestra las autocorrelaciones parciales estimadas entre los residuos a diferentes retrasos. El coeficiente de autocorrelación parcial al retraso  $k$  mide la correlación entre los residuos al tiempo  $t$  y al tiempo  $t+k$ , habiendo descontado por la correlación a todos los retrasos menores. Se puede utilizar para juzgar el orden del modelo autorregresivo necesario para ajustar los datos. También se muestran los límites de probabilidad del 95,0% alrededor de 0. Si los límites de probabilidad a un retraso particular no contienen el coeficiente estimado, existe una correlación estadísticamente significativa a ese retraso con un 95,0% de nivel de confianza. En este caso, ninguno de los 24 coeficientes de autocorrelación parcial es estadísticamente significativas con un 95,0% de nivel de confianza.

Tabla 17:

Periodograma para residuos ANOVA

### Periodograma para residuos

<i>i</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Periodo</i>	<i>Ordenada</i>	<i>Suma Acumulada</i>	<i>Periodograma Integrado</i>
0	0,0		2,18589E-22	2,18589E-22	1,39776E-34
1	0,0322581	31,0	1,46828E11	1,46828E11	0,093889
2	0,0645161	15,5	1,40705E11	2,87533E11	0,183863
3	0,0967742	10,3333	1,99291E11	4,86824E11	0,311299
4	0,129032	7,75	2,80006E9	4,89624E11	0,313089

5	0,16129	6,2	4,84189E10	5,38043E11	0,344051
6	0,193548	5,16667	2,45137E11	7,8318E11	0,500803
7	0,225806	4,42857	3,33123E10	8,16493E11	0,522105
8	0,258065	3,875	4,35357E10	8,60028E11	0,549943
9	0,290323	3,44444	6,22645E10	9,22293E11	0,589758
10	0,322581	3,1	9,57169E10	1,01801E12	0,650964
11	0,354839	2,81818	5,1753E10	1,06976E12	0,684058
12	0,387097	2,58333	2,14078E11	1,28384E12	0,820949
13	0,419355	2,38462	1,79335E11	1,46318E12	0,935625
14	0,451613	2,21429	3,5814E10	1,49899E12	0,958526
15	0,483871	2,06667	6,48594E10	1,56385E12	1,0

Tabla 18 Periodograma para residuos ANOVA

Esta tabla muestra las ordenadas del periodograma para los residuos. A menudo se usan para identificar ciclos de frecuencia fija en los datos. El periodograma se construye ajustando una serie de funciones seno a cada una de las 16 frecuencias. Las ordenadas son igual a las amplitudes cuadradas de las funciones seno. Puede pensarse en el periodograma como un análisis de varianza por frecuencia, puesto que la suma de ordenadas es igual a la suma de cuadrados total corregida en la tabla ANOVA. Pueden trazarse las ordenadas del periodograma seleccionando Periodograma de la lista de Opciones Gráficas.

### Prueba de Aleatoriedad de residuos

Variable de datos: Prod. Arroz

Modelo: ARIMA (2,1,0)

(1) Corridas arriba o abajo de la mediana

Mediana = 52855,8

Número de corridas arriba o abajo de la mediana = 14

Número esperado de corridas = 16,0

Estadístico z para muestras grandes = 0,557418

Valor-P = 0,577239

(2) Corridas arriba y abajo

Número de corridas arriba y abajo = 22

Número esperado de corridas = 20,3333

Estadístico z para muestras grandes = 0,512165

Valor-P = 0,608533

(3) Test Ljung-Box

Prueba basada en las primeras 10 autocorrelaciones

Estadístico de prueba para muestras grandes = 2,82789

Valor-P = 0,94469

Se han corrido tres pruebas para determinar si los residuos forman, o no, una secuencia aleatoria de números. Una secuencia de números aleatorios a menudo es llamada ruido blanco, puesto que contiene iguales contribuciones a varias frecuencias. La primera prueba cuenta el número de veces que la secuencia estuvo arriba o abajo de la mediana. El número de tales corridas es igual a 14, comparado con un valor esperado de 16,0 si la secuencia fuera aleatoria. Puesto que el valor-P para esta prueba es mayor o igual que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que los residuos son aleatorios, con un nivel de confianza del 95,0% o mayor.

La segunda prueba cuenta el número de veces que la secuencia ascendió o descendió. El número de tales corridas es igual a 22, comparado con un valor esperado de 20,3333 si la secuencia fuera aleatoria. Puesto que el valor-P para esta prueba es mayor o igual que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que la serie es aleatoria, con un nivel de confianza del 95,0% o mayor. La tercera prueba está



basada en la suma de cuadrados de los primeros 24 coeficientes de autocorrelación. Puesto que el valor-P para esta prueba es mayor o igual que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que la serie es aleatoria, con un nivel de confianza del 95,0% o mayor.

#### **4.4 Resultado del análisis de regresión múltiple para determinar la relación existente entre la producción de arroz y sus determinantes principales**

Para este nuevo análisis se tendrá en cuenta varias variables para su correcto y eficiente desarrollo. De hecho, el modelo de regresión múltiple es el que más se ajusta para determinar la relación existente entre la producción de arroz y sus determinantes en la región costa del Ecuador, considerando una variable dependiente que es la producción de arroz y varias variables independientes de precipitación, temperatura y humedad.

Tabla 19:

Intervalos del 95% de confianza para la estimación de coeficiente e datos

#### **Intervalos de confianza del 95,0% para las estimaciones de los coeficientes**

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-1,65247E6	1,12219E6	-3,96367E6	658741,
Precip	-1556,25	500,352	-2586,75	-525,756
Temp	48930,8	37780,8	-28880,3	126742,
Hum	215822,	882646,	-1,60202E6	2,03367E6
precip-t-1	-648,648	513,402	-1706,02	408,726
temp t-1	48442,0	37556,7	-28907,6	125792,

humt-1	1,20932E6	889610,	-622871,	3,04151E6
--------	-----------	---------	----------	-----------

Tabla 20 Intervalos del 95% de confianza para la estimación de coeficiente e datos

La tabla 10 muestra intervalos de confianza del 95,0% para los coeficientes en el modelo. De hecho, los intervalos de confianza muestran con qué precisión pueden estimarse los coeficientes dados la cantidad de datos disponibles, y el nivel de ruido que está presente.

Tabla 21:

Correlaciones estimadas para los coeficientes el modelo

	CONSTANTE	precip	temp	hum	precip-t-1	temp t-1	humt-1
CONSTANTE	1	0,2314	-0,4504	-0,1755	-0,3071	-0,4273	0,0302
Precip	0,2314	1	-0,1105	-0,1703	-0,9436	-0,174	0,266
Temp	-0,4504	-0,1105	1	0,2017	0,1432	-0,4887	-0,3437
Hum	-0,1755	-0,1703	0,2017	1	0,248	-0,2437	-0,6591
precip-t-1	-0,3071	-0,9436	0,1432	0,248	1	0,1187	-0,2182
temp t-1	-0,4273	-0,174	-0,4887	-0,2437	0,1187	1	0,1091
humt-1	0,0302	0,266	-0,3437	-0,6591	-0,2182	0,1091	1

Tabla 22 Correlaciones estimadas para los coeficientes el modelo

Esta tabla muestra las correlaciones estimadas entre los coeficientes en el modelo ajustado. Estas correlaciones pueden usarse para detectar la presencia de multicolinealidad severa, es decir, correlación entre las variables predictoras. Además, en este caso, hay 2 correlaciones con valores absolutos mayores que 0,5 (sin incluir el término constante).

Tabla 23:

Residuos atípicos del modelo estadístico

### Residuos Atípicos

Fila	Y	Predicha	Residuo	Residuos Estudentizados
31	2,36401E6	1,92627E6	437742,	2,79

32	2,48221E6	2,04105E6	441162,	3,09
----	-----------	-----------	---------	------

Tabla 24 Residuos atípicos del modelo estadístico

La tabla 12, de residuos atípicos enlista todas las observaciones que tienen residuos Estudentizados mayores a 2, en valor absoluto. Los residuos Estudentizados miden cuántas desviaciones estándar se desvía cada valor observado de Prod. Arroz del modelo ajustado, utilizando todos los datos excepto esa observación. Sin embargo, en este caso, hay 2 residuos Estudentizados mayores que 2, pero ninguno mayor que 3 por lo que es conveniente examinar detenidamente las observaciones con residuos mayores a 3 para determinar si son valores aberrantes que debieran ser eliminados del modelo y tratados por separado.

Tabla 25:

Puntos influyentes o desviaciones estándares del modelo

**Puntos Influyentes**

<i>Fila</i>	<i>Influencia</i>	<i>Distancia de Mahalanobis</i>	<i>DFITS</i>
1	1,0	1,03338E10	325,163
31	0,103459	2,49419	0,947473
32	0,215175	7,25733	1,61755

Tabla 26 Puntos influyentes o desviaciones estándares del modelo

Influencia media de un solo punto = 0,21875

La tabla 13, demuestra y enlista todas las observaciones que tienen valores de influencia mayores que 3 veces la de un punto promedio de los datos, o que tienen un valor inusual de DFITS. Por otro lado, el valor de influencia es un estadístico que mide que tan influyente es cada observación en la determinación de los coeficientes del modelo estimado. Mientras que, el DFITS es un estadístico que mide que tanto podrían cambiar los coeficientes estimados si la observación se eliminara del conjunto de datos. En este caso, un punto promedio de los datos tendría un valor de influencia igual a 0,21875. Hay un punto con más de 3 veces el valor de influencia

promedio, pero ninguno con más de 5 veces. Hay 3 datos con valores inusualmente grandes de DFITS.

## CONCLUSIONES

Ecuador es considerado uno de los países latinoamericanos con mayor biodiversidad en flora y fauna por sus áreas subtropicales que ayudan vitalmente al crecimiento de nuevas especies e incluso al eficiente desarrollo de diversos cultivos. A su vez, el sector agropecuario también juega un papel fundamental en la economía alimenticia del país, ya que, este sector se basa principalmente en la cultivación y producción de cultivos en diferentes regiones del país. Sin embargo, con el pasar de los años, tiende a aumentar la oferta y la demanda en productos consumibles del día a día, por lo que, a su vez, también se han presentado un sin número de desafíos que han hecho que baje la producción de algunos cultivos principalmente el arroz en la región costa del Ecuador. *Oryza sativa* L, como se lo conoce científicamente al arroz, ha atravesado diversos acontecimientos que han hecho que baje la producción anual en algunos de los últimos años, por lo que, se levantó un estudio muy minucioso sobre la superficie cosecha de hectáreas de arroz, que nos demostró cuán importante es la relación de la estadística existente entre la producción de arroz y sus principales determinantes que son la precipitación, la temperatura y la humedad.

Por otro lado, el análisis planteado por un conjunto de datos históricos desde el 2015 hasta la última fecha que se tiene registro (2023), nos ha demostrado cuán importante es la producción de arroz en la región costa, ya que alberga más de un 80% de la producción nacional de arroz, teniendo a la provincia del Guayas como principal productor del país. Además, la presente investigación nos ha permitido identificar y analizar que existe una correlación significativa entre la producción de arroz y sus determinantes principales. Todos estos análisis han sido analizados desde la perspectiva de la oferta y la demanda, por lo que, la hipótesis principal es reducir pérdidas y optimizar la producción de arroz teniendo en cuenta un factor clave como la precipitación, que en ciertas temporadas del año tiende a caer mucha más lluvia de lo normal cogiendo desprevenidos a una gran parte de los agricultores ecuatorianos. No obstante, es de vital importancia considerar todos estos acontecimientos ambientales para mitigar a tiempo posibles problemas que puedan afectar el rendimiento del cultivo y consecuentemente no alcanzar la producción esperada por cada hectárea de superficie cultivada.

En cuanto al análisis de Ecuador con respecto a las principales determinantes que son establecidas como un factor de vital importancia en este sector arrocerero, se consideró a la precipitación como el principal factor determinante que ha influido directamente desde hace ya varios años en el proceso de cultivación hasta su cosecha. De hecho, a través de estadística de serie de tiempo se pudo caracterizar la productividad que efectuaba el sector arrocerero cuando existían niveles bajos de precipitación, incrementando eficazmente la producción y calidad del producto aumentando los niveles de productividad en toneladas cosechadas por cada hectárea de cultivo de arroz.

Por otro lado, también se realizó un análisis forecast para predecir el dinamismo futuro para mejorar eficazmente la productividad del sector arrocerero ecuatoriano teniendo en cuenta datos históricos desde 1992, con el fin de tener un análisis estadístico muy sólido con un nivel de confianza del 95% de efectividad. El desarrollo de este modelo estadístico ha podido generar proyecciones muy importantes y confiables de las que se estiman un total de 32 periodos de tiempo. De hecho, este modelo asume que el mejor pronóstico disponible para datos futuros está dado por el modelo paramétrico que relaciona el valor más reciente con los valores y ruido previos. Considerando cada análisis autorregresivo ARIMA que se realizó en el estudio, se puede concluir que los resultados obtenidos por cada tabla demuestran que el modelo es capaz de anticipar las tendencias de producción bajo diferentes escenarios y análisis estadísticos, además, también representa un avance significativo en la predicción de la producción de arroz en la región costa del Ecuador, estableciendo límites tanto inferiores como superiores de gran aceptación con un margen de error de solo el 5% proporcionando datos muy sólidos predichos para la eficiente toma de decisiones de los siguientes 5 años.

Finalmente, la presente investigación nos ha demostrado cuán importante es el análisis estadístico y el enfoque en el que se visualice el estudio, de hecho, la relación entre la producción de arroz y sus determinantes como la temperatura y la humedad no fueron respaldados por el modelo estadístico, teniendo en cuenta que se consideró a las producciones totales anuales de arroz como variable dependiente y sus determinantes principales como variables independientes, se pudo llegar a la conclusión que la precipitación es el principal causante de la baja de producción en el sector arrocerero puesto que, si aumenta la precipitación considerablemente en la región costa, se tienden a tener mayores pérdidas en producción de arroz, incluso las

superficies cosechadas por hectáreas no pueden alcanzar el rendimiento de calidad necesario que necesita el cultivo del arroz. Sin embargo, según el modelo estadístico desarrollado, la producción tiende a subir considerablemente si la precipitación no aumenta o se mantiene en sus estándares normales. No obstante, todos estos estudios fueron realizados por un análisis de regresión múltiple, que gracias a su importantísimo intervalo de confianza del 95% se pudo obtener estos datos y dar con el principal determinante del arroz.

Lo que se espera de aquí a los siguientes años en el sector agrícola, es que se tenga en consideración a los factores ambientales y plagas, principalmente a la precipitación ya que, podremos optimizar y elevar considerablemente la producción de arroz a nivel nacional, reduciendo al mínimo las pérdidas ocasionadas por las lluvias. A su vez, controlar todos estos efectos negativos puede mejorar el costo y los gastos de los agricultores, mejorando eficazmente la oferta y la demanda del producto, generando incluso más ganancias y empleabilidad por la oferta que produciría al elevarse la producción de arroz en la región costa del Ecuador, además, teniendo en cuenta que alrededor del 96% de la producción nacional es para el consumo interno de los ecuatorianos.

## **Recomendaciones**

El sector agrícola es un campo muy extenso, que, sin duda alguna la mayor parte de los ecuatorianos trabajan y dependen de ello para llevar el sustento a casa. Sin embargo, el estudio que se ha realizado en esta investigación nos ha demostrado cuán importante es adoptar nuevas tecnologías o quizás, no depender tanto de costumbres de cosechas de generaciones atrás, ya que, junto a lo globalización aparecen más desafíos que vienen arraigados de problemas o desastres naturales que no prevemos, o no determinamos como principal desafío a largo plazo. De hecho, las alteraciones climáticas y las lluvias inesperadas desde hace ya varios años han evidenciado que debemos adoptar nuevas estrategias de mitigación acompañadas de tecnologías avanzadas para reducir al mínimo las pérdidas ocasionadas por los desastres naturales que no tenemos control. Como principal recomendación, es estudiar y realizar análisis estadísticos en todos los sentidos y aspectos para suplir la demanda del producto y a su vez, no sobre producir o mantener pérdidas por el bajo precio del cultivo. Todos estos estudios son posibles y necesarios para mejorar el rendimiento, la calidad y la producción del arroz principalmente en la región costa del Ecuador, ya que, esta región alberga la mayor parte de la producción nacional.

Finalmente, también se recomienda instruir a los agricultores sobre todas estas nuevas tecnologías para reducir pérdidas de producción, mediante enfoques cuantitativos para facilitar la medición precisa de variables permitiendo y demostrando resultados con mayor eficiencia mitigando todos estos efectos negativos que históricamente han afectado gran parte de la agricultura, principalmente del sector arrocero.



## Bibliografía

- Acevedo, M., Castrillo, W., & Belmonte, U. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Scielo*. Obtenido de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000200001](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001)
- Adama. (2016). *ADAMA*. Obtenido de <https://www.adama.com/ecuador/es/soluciones-integrales-por-cultivo/arroz>
- Arias, J., Villasís, M., & Miranda, M. (2016). La población de estudio. *Revista Alergia Mexico*, 3.
- Barcia, W. (29 de Octubre de 2012). *La producción de arroz en el Ecuador*. Obtenido de *Ambito Económico*: <https://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/la-produccion-de-arroz-en-el-ecuador.html>
- Bayer, A. (2022). *Agro Bayer Ecuador*. Obtenido de <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/arroz.html#:~:text=Su%20participaci%C3%B3n%20en%20el%20PIB,48kg%20por%20persona%20al%20a%C3%B1o>.
- Bioweb. (4 de Octubre de 2022). *Geografía y Clima del Ecuador*. Obtenido de BIOWEB: <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>
- Boken, V. (2000). Forecasting Spring Wheat Yield Using Time Series Analysis: A Case Study for the Canadian Prairies. 1-4.
- CFN. (Febrero de 2018). *CORPORACION FINANCIERA NACIONAL*. Obtenido de CFN: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf>
- CFN. (Febrero de 2022). *FICHA SECTORIAL ARROZ*. Obtenido de CORPORACION FINANCIERA NACIONAL: <https://www.cfn.fin.ec/wp->

content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf

CFN. (Marzo de 2023). *Ficha sectorial*. Obtenido de Corporación financiera nacional: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf>

CFN. (MARZO de 2023). *FICHA SECTORIAL ARROZ*. Obtenido de CORPORACIÓN FINANCIERA NACIONAL: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf>

García Llobodanin, L., Ponce de León, N., Moreira, S., & Billiris, A. (2020). Efecto de la variedad y de la humedad de cosecha en la temperatura de transición vítrea de variedades uruguayas de arroz. *INNOTEC*, 1-4.

Geofísico, I. (2019). *IG Instituto Geofísico del Ecuador*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/islas-galapagos#:~:text=Las%20Islas%20Gal%C3%A1pagos%20son%20consideradas,las%20islas%20Isabela%20y%20Fernandina>.

Gestión digital. (06 de Abril de 2023). *Gestión digital*. Obtenido de Por lluvias se han perdido más de 8.000 hectáreas de cultivos: <https://revistagestion.ec/noticias/por-lluvias-se-han-perdido-mas-de-8000-hectareas-de-cultivos/>

Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C. V., Gutierrez, E., & Ramos, W. (2016). FENÓMENO EL NIÑO Y DESASTRES NATURALES: INTERVENCIONES EN SALUD PÚBLICA PARA LA PREPARACIÓN Y RESPUESTA. *Redalyc*, 4-8.

INAMHI. (2016). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA*. Obtenido de BOLETÍN CLIMATOLÓGICO ANUAL 2015: [https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)

INAMHI. (2016). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA*. Obtenido de BOLETÍN CLIMATOLÓGICO

SEMESTRAL 2016 :  
[https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_sem.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_sem.pdf)

INAMHI. (Abril de 2017). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA*. Obtenido de BOLETÍN METEOROLÓGICO :  
[https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/bolhist/cli/2017/MENSUAL/bol\\_men\\_04.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/bolhist/cli/2017/MENSUAL/bol_men_04.pdf)

INAMHI. (2018). *INAMHI*. Obtenido de ANALISIS CLIMATOLÓGICO:  
[https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/bolhist/cli/2018/MENSUAL/bol\\_men\\_04.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/bolhist/cli/2018/MENSUAL/bol_men_04.pdf)

INAMHI. (Noviembre de 2020). *Boletín climatológico mensual*. Obtenido de INAMHI:  
[https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_Noviembre.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_Noviembre.pdf)

INAMHI. (19 de SEPTIEMBRE de 2023). *INAMHI*. Obtenido de BOLETÍN DE PREDICCIÓN CLIMÁTICA:  
[https://www.inamhi.gob.ec/pronostico/cwrf/2023/Boletin\\_CWRF.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/pronostico/cwrf/2023/Boletin_CWRF.pdf)

INEC. (2019). 2018: Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. *INEC*.

INEC. (Mayo de 2021). *Encuesta de Superficie y Producción agropecuaria continua, 2020*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS :  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf)

INEC. (Abril de 2022). *Encuesta de Superficie y Producción agropecuaria Continua (ESPAC)*. Obtenido de Instituto Nacional de estadísticas y censos:  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf)

INEC. (ABRIL de 2023). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO*. Obtenido de BOLETÍN TÉCNICO ARROZ:  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas\_agropecuarias/espac/espac\_2022/Bolet%C3%ADn\_tecnico\_ESPAC\_2022.pdf

INEC. (MAYO de 2023). *SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN - HISTÓRICO*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC): <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas>

INEC. (ABRIL de 2024). *BOLETÍN TÉCNICO ARROZ*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/2023/Boletin\\_tecnico\\_ESPAC\\_2023.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdf)

INEC. (2024). Encuesta de Superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC). *Instituto nacional de estadísticas y censos*, 10.

INIAP. (1994). *Repositorio INIAP*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1938/1/iniapls20.pdf>

Jamal Fattah, L. E. (2018). Forecasting of demand using ARIMA model. *Sage Journals*, 1-4.

Kogut, P. (17 de Mayo de 2023). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/cultivo-del-arroz/#:~:text=Clima%20Adecuado%20Para%20El%20Cultivo%20De%20Arroz&text=Sin%20embargo%2C%20puede%20cultivarse%20como,F%20y%2099%C2%B0F>.

López, L. A., Walfredo Torres de la Nova, S. A., Paez, D. D., & Herrera, O. R. (2016). Influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra sobre la duración de las fases fenológicas en cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *SCIELO*, 1-2.

Lopez, M., & Kohashi, J. (2018). Tolerancia a sequía y calor en arroz (*Oryza sativa*). *Scielo*, 1-5.

- MAG. (2021). *Inician las primeras exportaciones de arroz con destino a Colombia*. Obtenido de MAG: <https://www.agricultura.gob.ec/inician-las-primeras-exportaciones-de-arroz-con-destino-a-colombia/#>
- MAG. (JUNIO de 2021). *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA*. Obtenido de BOLETÍN DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA NACIONAL:  
[https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2021/boletin\\_agroclima\\_junio\\_2021.pdf](https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2021/boletin_agroclima_junio_2021.pdf)
- MAG. (ENERO de 2022). *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA*. Obtenido de BOLETÍN DE PRECIPITACIÓN Y GANADERÍA NACIONAL:  
[https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2022/boletin\\_agroclima\\_enero\\_2022.pdf](https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2022/boletin_agroclima_enero_2022.pdf)
- Martinez, R., Zambrano, E., & Nieto, J. (2023). Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina. *Revista Gestión*, 2-8.
- Michael Ruiz, Y. M., Amico, J., & Polón, R. (2018). MANEJO DEL AGUA DE RIEGO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) POR TRASPLANTE, SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL. *Redalyc*, 3-9.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. (S/F). *ARROZ*. Obtenido de MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION:  
<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/arroz/>
- Pesquisa. (2011). Los efectos en los cultivos de arroz. *Revista Pesquisa* , 1-3.
- Piedrahita, D., & Helfgott, S. (2021). Sustentabilidad de los sistemas de producción de arroz situados dentro del sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Scielo*, 1-10.

Plan V. (5 de Julio de 2023). Este es un resumen de este informe y de informes del INEC y de la Superintendencia de Control de Poder del Mercado:. *QUE HAYA ARROZ, AUNQUE NO HAYA DIOS: EL CÍRCULO VICIOSO DEL ARROZ ECUATORIANO*, págs. p7-10.

PRIMICIAS. (MARZO de 2023). Por lluvias se han perdido más de 8.000 hectáreas de cultivos. *Por lluvias se han perdido más de 8.000 hectáreas de cultivos*, págs. 1-10.

Sánchez, M. R., Hernández, Y. M., Dell'Amico, J. M., & Pérez, R. P. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *SCIELO*, 1-4.

Zhang, Y., & Wang, K. (2021). Global precipitation system size. *IOP SCIENCE*, 2-3.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**, con C.C: # 0951015387 autor/a del trabajo de titulación: **Factores determinantes en la producción de arroz en situaciones climáticas adversas en la región costa del Ecuador.** previo a la obtención del título de **Licenciado en negocios internacionales** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **27 de agosto de 2024**

f. Emilio Torres

Nombre: **Torres Chiriguaya, Brayan Emilio**

**C.C: # 0951015387**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Factores determinantes en la producción de arroz en situaciones climáticas adversas en la región costa del Ecuador		
AUTOR(ES)	Torres Chiriguaya, Brayan Emilio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Freire Quintero, Cesar Enrique		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Economía y Empresa		
CARRERA:	Negocios Internacionales		
TITULO OBTENIDO:	Licenciado Negocios internacionales		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	27 de agosto de 2024	No. DE PÁGINAS:	62
ÁREAS TEMÁTICAS:	Condiciones climáticas, actividad agrícola, sector arrocero		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Análisis de datos, clima extremo, producción de arroz, factores determinantes, forecast para la predicción, regresión múltiple		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El sector arrocero ecuatoriano es una de las actividades agrícolas más importantes en el país, del cual dependen muchos agricultores, pequeños productores y comunidades locales de bajos recursos. De hecho, a nivel nacional el arroz es un cultivo importantísimo para la comercialización y economía del país por la alta demanda que genera esta gramínea siendo el principal insumo en la dieta básica alimenticia de los ecuatorianos. Sin embargo, así como existen oportunidades también existen desafíos que han afectado directamente la producción de arroz. La presente investigación se enfoca en el desarrollo de varios modelos estadísticos para predecir el dinamismo futuro de la producción anual en la región costa y a su vez, determinar cuál de las principales variables climáticas incide principalmente en la producción de arroz para así reducir pérdidas de cosecha, optimizar los procesos y tener una mejor toma de decisiones que permitirá esclarecer la oferta de la demanda a nivel nacional. El objetivo principal es determinar cuál de las 3 variables ha hecho bajar la producción durante años de cosechas y así, mitigar estos impactos a través de estrategias adaptativas más eficientes.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4	E-mail: brayan.torres@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: César Enrique, Freire Quintero		
	Teléfono: +593-4- +593 990090702		
	E-mail: cesar.freire@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			