



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Económica,
Estadística y Ciencias Sociales
Escuela Profesional de Ingeniería Estadística

Consultoría Estadística

Proyección de la Producción de Anchoveta en Perú Incorporando Indicadores Climáticos del Océano Pacífico

Docente: Grados Paredes Daniel

*Lin Chiu Chen Yang, Ocaña Coronado Manuel, Varillas
Torres Augusto*

Overview

1. Introducción

1.1 Contexto

La Familia Engraulidae

La Anchoveta Peruana y su Importancia Económica

Medidas de Gestión y Sostenibilidad

Amenaza Latente del Efecto Climático

Estudios Anteriores

1.2 Problema de Investigación

1.3 Objetivos

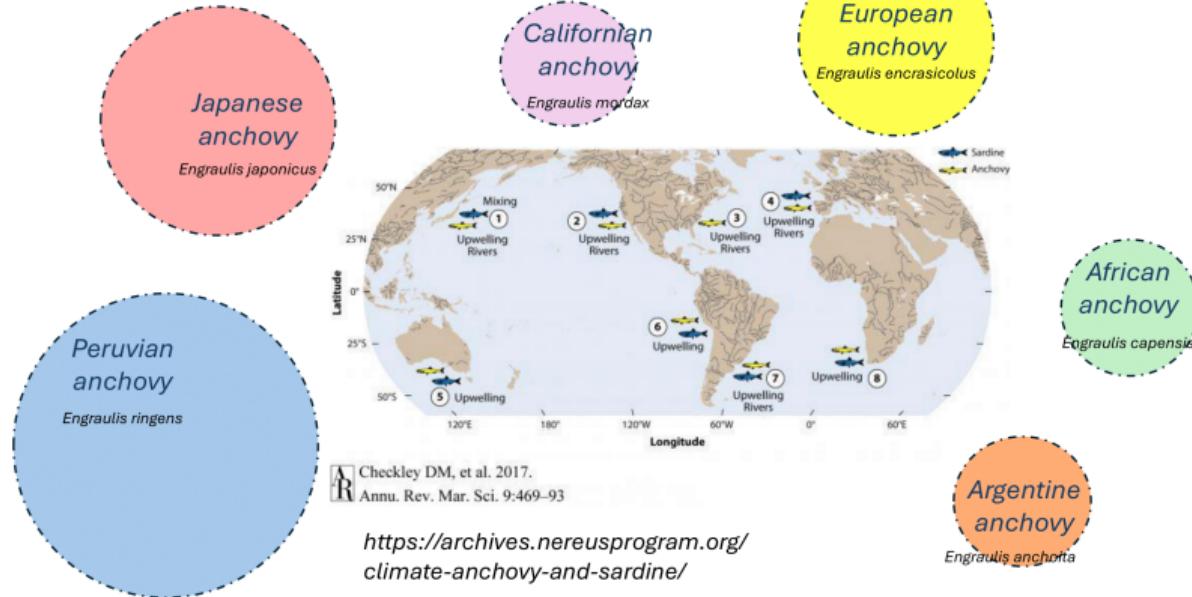
2. Metodología

2.1 Análisis Exploratorio

Producción de Anchoveta

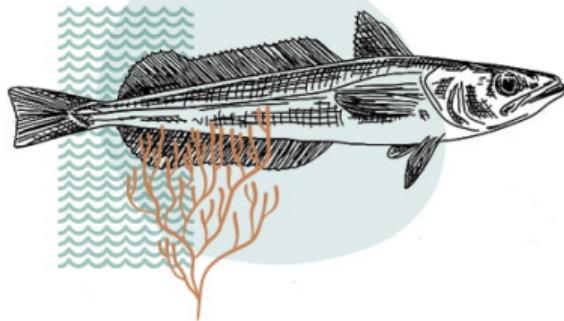
La Familia Engraulidae

Familia Engraulidae



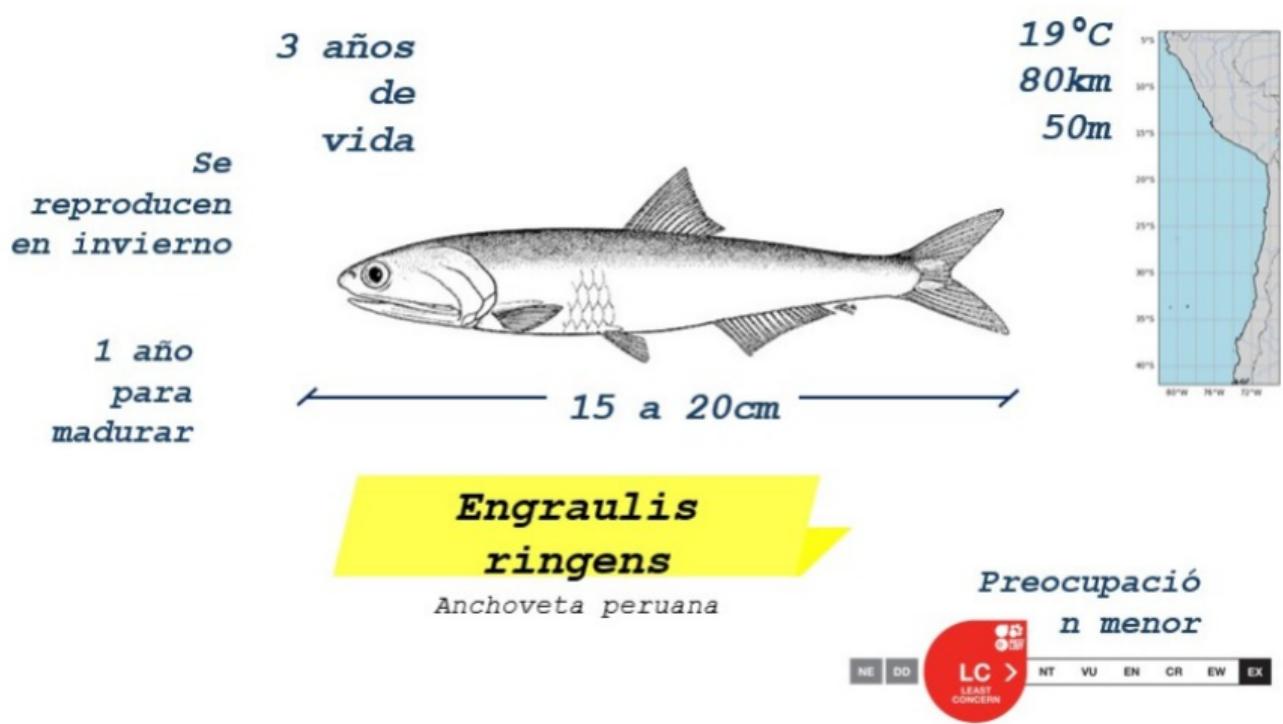
La Familia Engraulidae

**PESCADO
BLANCO** 2%
MATERIA GRASA



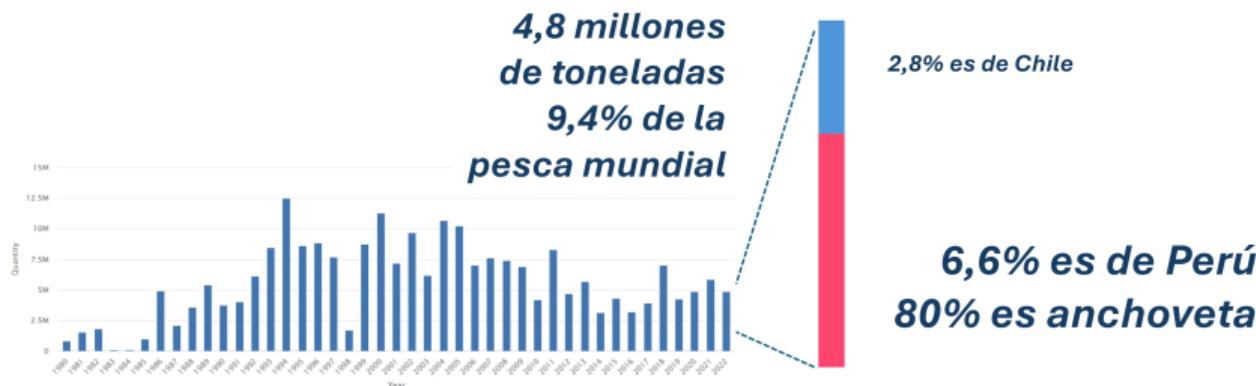
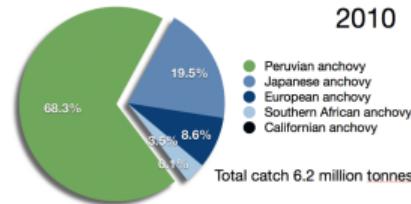
**PESCADO
AZUL** 5-10%
MATERIA GRASA
CARDIOSALUDABLE

La Anchoveta Peruana y su Importancia Económica



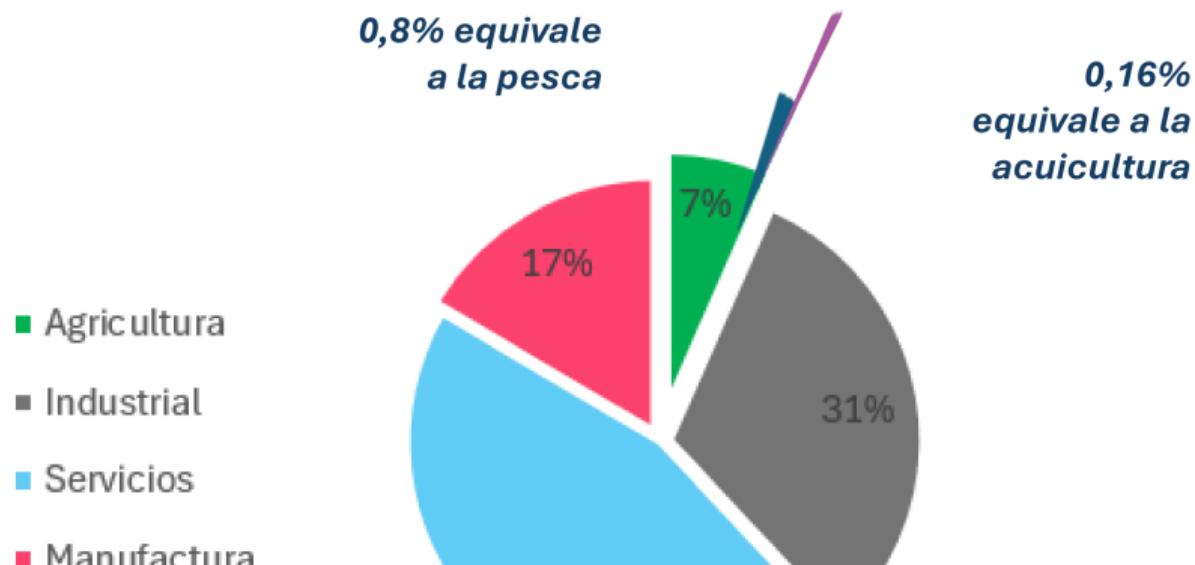
La Anchoveta Peruana y su Importancia Económica

*Somos el primer
productor de
anchoveta del mundo*



La Anchoveta Peruana y su Importancia Económica

Composición del PBI de Perú

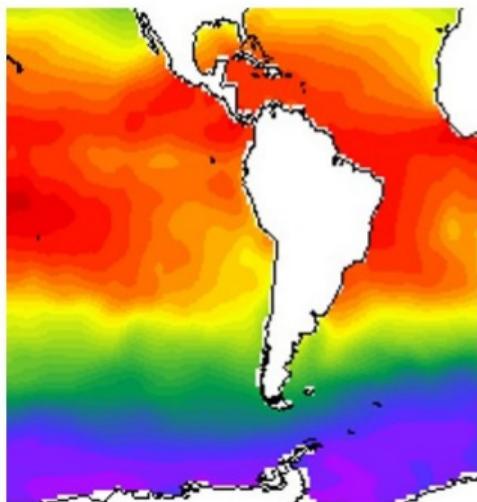


Medidas de Gestión y Sostenibilidad



Medidas de Gestión y Sostenibilidad

Amenaza Climática Latente



incremento de temperatura superficial.



Reducción de fitoplancton y zooplancton.

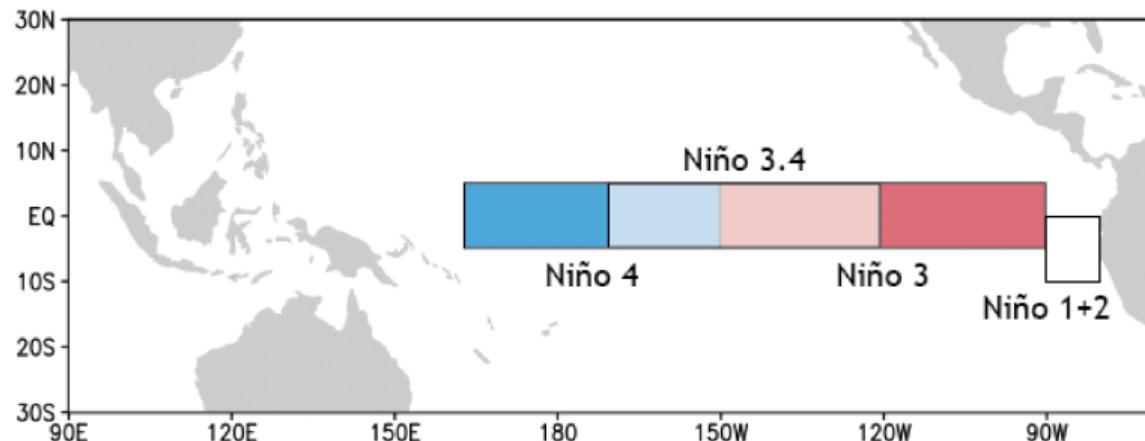


Migración de anchovetas → menor capturabilidad.



Possible reducción de 14% por década

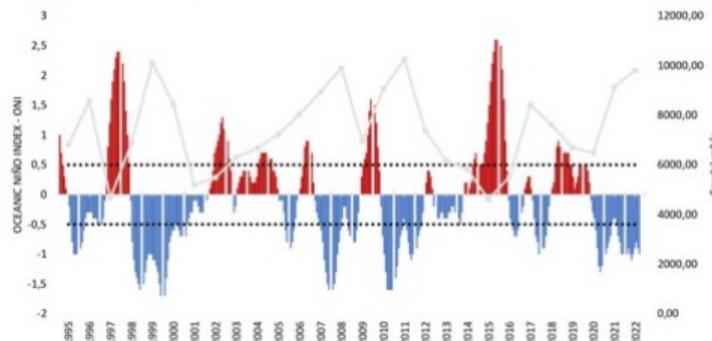
Medidas de Gestión y Sostenibilidad



Problema de Investigación

Problema de Investigación

¿Cómo afecta la variabilidad climática (ONI, SOI) a la producción mensual de anchoveta?



- La variabilidad climática complica la predicción.
- Necesidad de integrar datos climáticos en modelos de pronóstico.

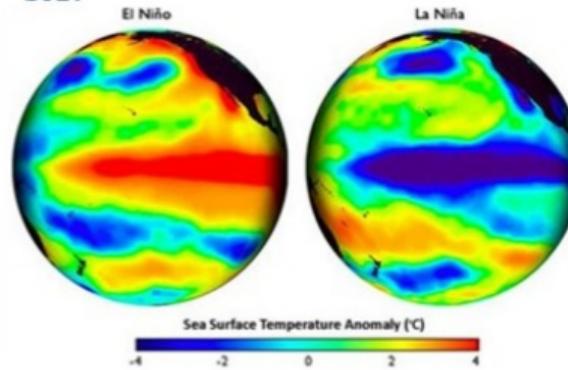
Problema de Investigación

Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el patrón mensual de la producción pesquera de anchoveta?



- ¿Qué influencia tienen los índices ONI y SOI?



- ¿Cómo afecta la integración de estos índices al proceso de modelado SARIMAX y a la precisión de sus pronósticos?

- ¿Cuál es la precisión del modelo comparado con métodos tradicionales?

Objetivos

Objetivos



- Construir modelo SARIMAX con ONI 1+2, ONI 3.4, SOI.
- Evaluar su relación con la producción.
- Analizar importancia y significancia de cada índice climático.
- Presentar hallazgos para apoyar decisiones pesqueras.

Producción de Anchoveta

La Variable respuesta

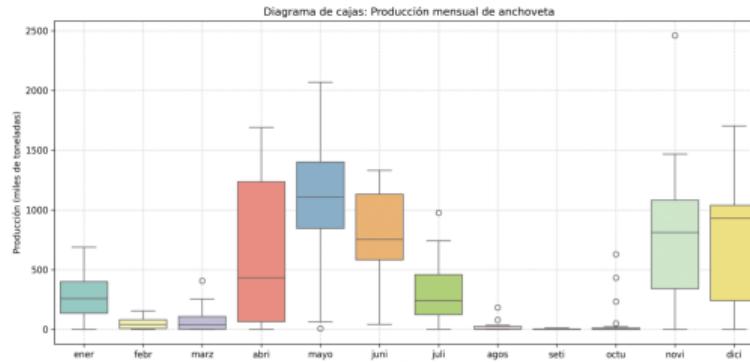
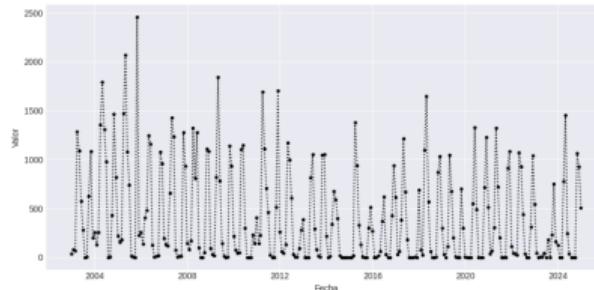
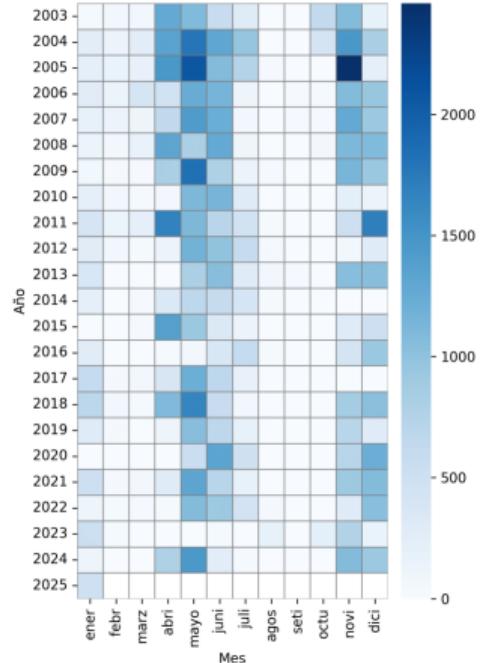
Tabla 1: Producción mensual de anchoveta peruana en miles de toneladas.

ano	ener	febr	marz	abri	mayo	juni	juli	agos	seti	octu	novi	dici
2003	39.7	80.9	66.7	1281.7	1088.9	579.5	280.9	1.0	4.9	628.9	1082.1	200.3
2004	259.2	128.3	255.5	1353.1	1792.1	1307.4	975.9	0.8	6.2	431.4	1466.0	821.0
2005	222.3	154.7	179.3	1472.9	2068.7	1080.8	742.2	15.1	6.6	0.5	2459.4	226.1
2006	259.9	136.5	406.9	480.3	1247.3	1156.6	122.9	8.4	10.6	21.7	1080.0	960.7
2007	193.1	132.5	121.1	657.5	1426.3	1237.4	77.1	3.9	10.4	13.6	1280.7	931.2
2008	145.4	80.2	169.3	1325.1	808.1	1279.8	101.4	2.8	2.1	51.5	1107.3	1086.5
2009	91.6	29.4	17.0	821.6	1843.4	784.6	143.6	13.1	2.6	8.2	1138.2	935.2
2010	220.7	76.5	44.1	50.2	1105.2	1148.2	303.4	1.4	2.7	1.7	234.3	142.2
2011	409.3	145.3	227.7	1689.7	1110.0	706.1	466.5	27.2	1.1	0.8	514.1	1702.3
2012	263.1	65.4	43.0	129.2	1172.6	993.9	608.1	30.2	4.5	5.1	96.0	282.8
2013	391.5	1.0	0.2	0.8	814.9	1054.9	291.5	80.3	10.9	5.5	1048.5	1053.9
2014	219.3	0.0	10.1	337.8	675.7	590.9	400.3	20.3	1.2	0.0	0.0	0.0
2015	0.0	0.0	18.1	1375.8	937.6	334.0	129.8	4.0	0.5	0.5	301.6	514.4
2016	266.5	0.2	0.0	19.5	63.8	369.1	618.9	28.3	0.0	0.0	428.6	937.9
2017	615.7	34.0	59.7	382.7	1215.4	668.5	180.9	1.7	0.1	0.5	6.4	0.0
2018	688.4	77.0	23.1	1096.1	1646.5	567.3	62.1	1.9	0.8	6.6	868.2	1035.0
2019	302.4	33.3	0.4	111.5	1049.3	679.2	200.1	3.5	0.1	2.1	702.0	297.6
2020	5.2	0.0	0.0	0.3	553.1	1330.9	489.1	0.3	0.5	1.0	714.0	1226.4
2021	515.5	35.6	68.1	306.3	1325.0	719.0	197.5	2.7	0.1	1.3	917.9	1081.2
2022	111.3	41.6	37.1	26.1	1071.1	927.6	438.0	35.3	1.0	1.1	311.5	1039.0
2023	546.7	43.7	0.0	6.4	7.6	41.5	0.0	182.6	0.4	234.1	754.7	162.9
2024	123.0	0.3	0.8	778.5	1454.9	241.6	39.2	0.3	0.6	2.8	1067.7	927.9
2025	508.2											

265 datos

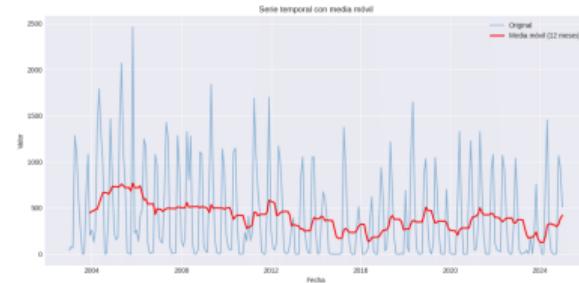
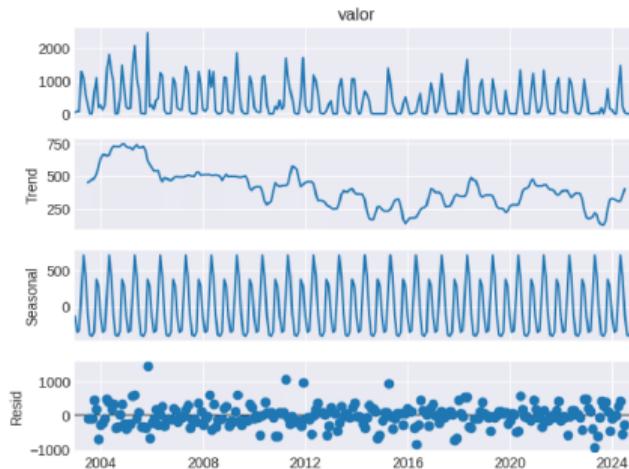
Fuente el BCRP

Producción de Anchoveta

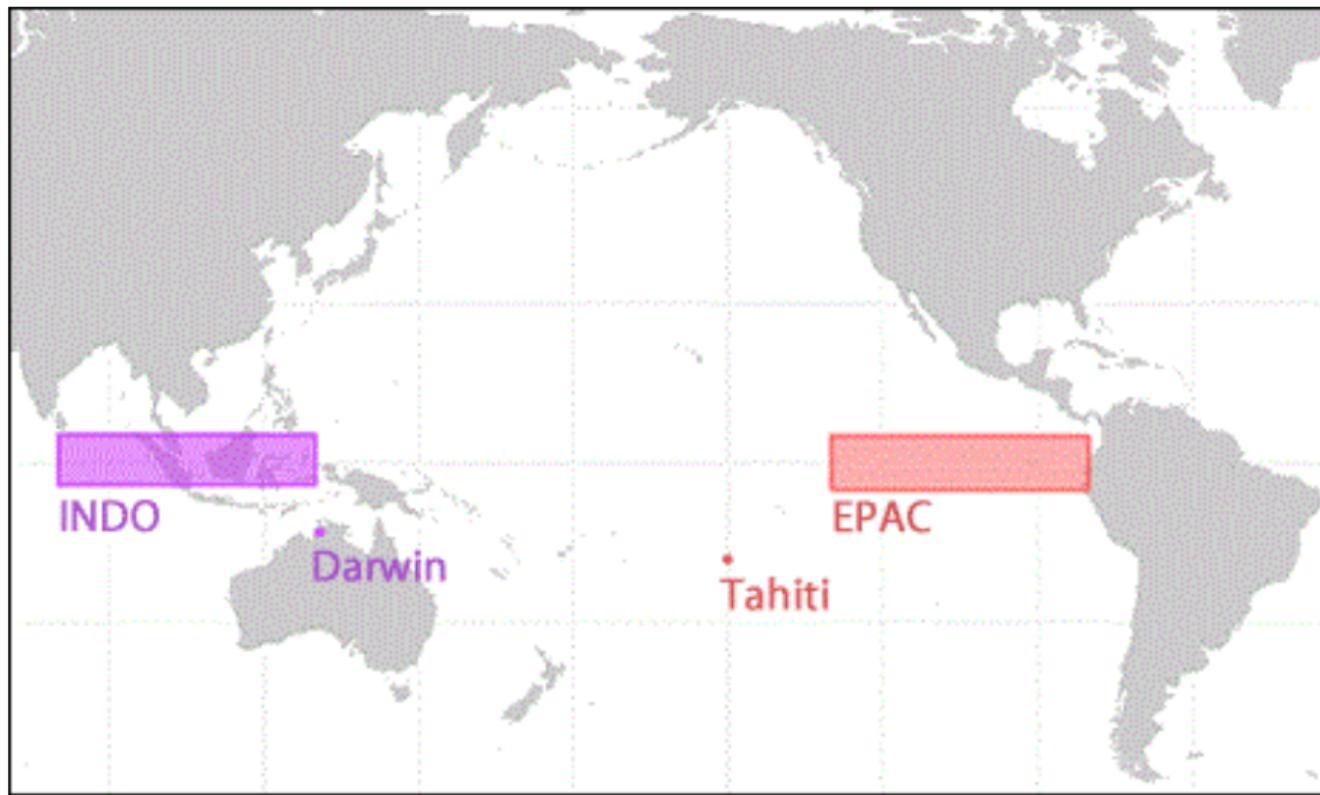


Producción de Anchoveta

Descomposición de la Serie Temporal



Indice Oscilacion del Sur

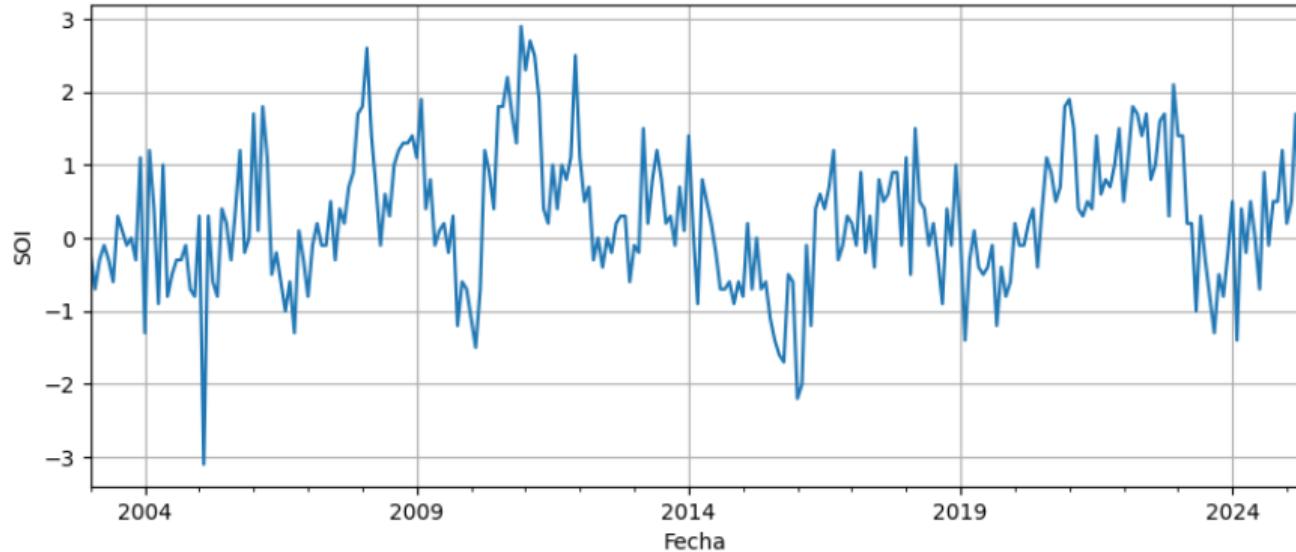


Indice Oscilacion del Sur

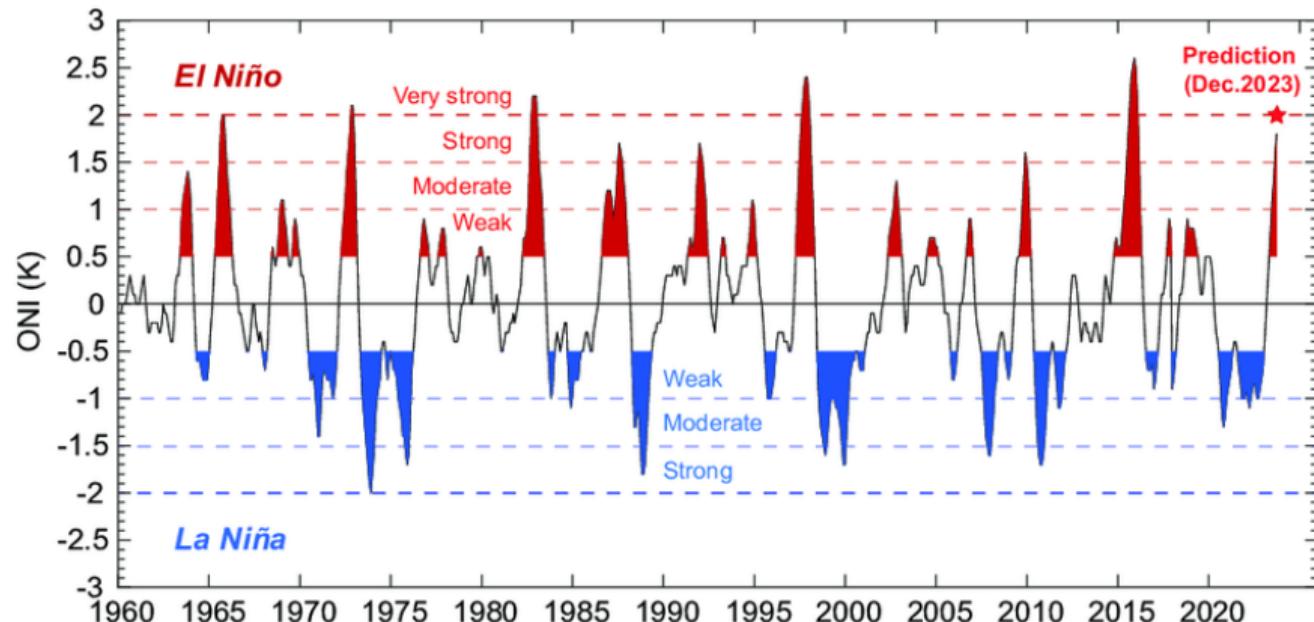


Indice Oscilacion del Sur

Fig. 4 Índice SOI - Serie temporal

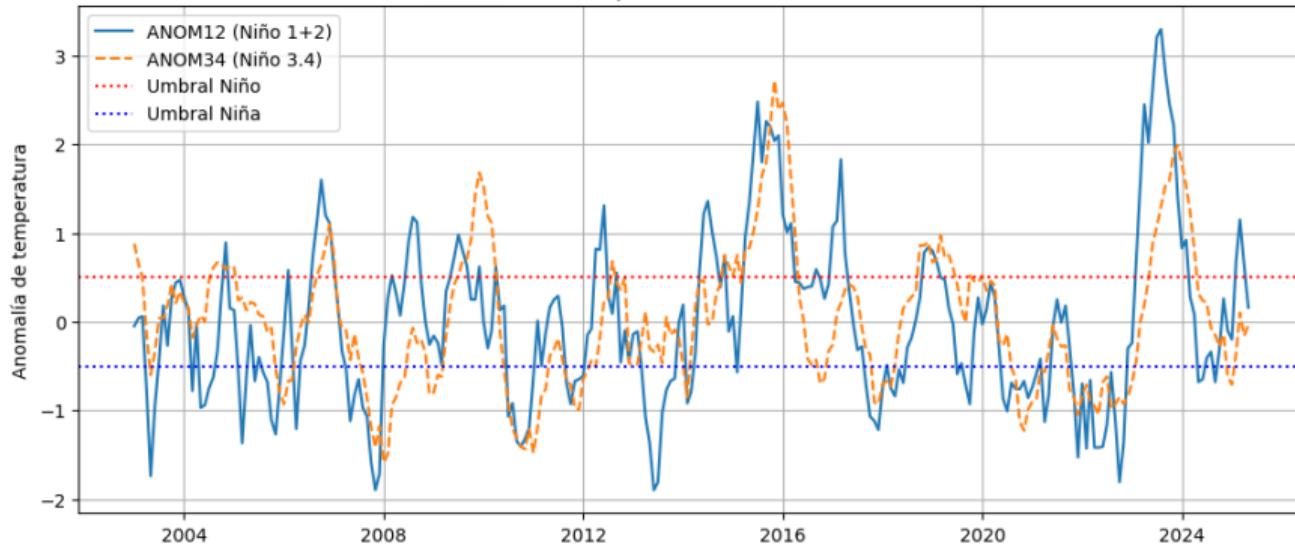


Indice del Niño Oceanico



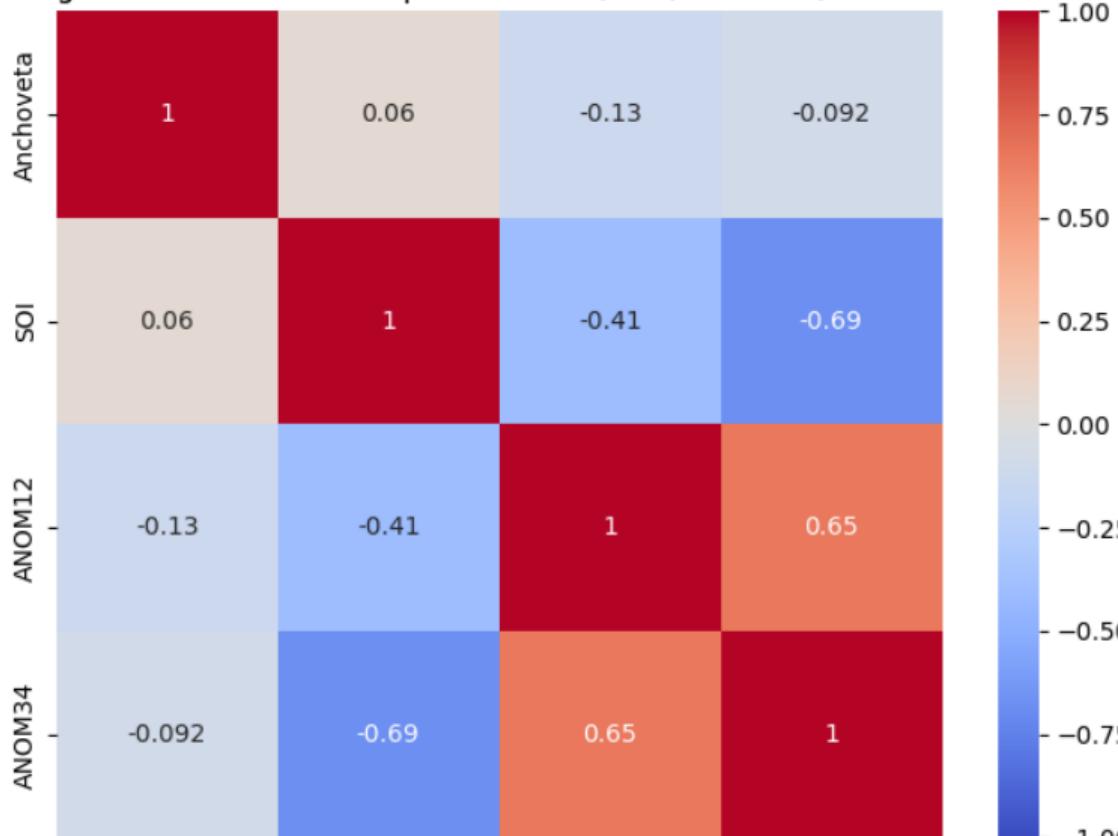
Indice del Niño Oceanico

Fig. 7 Serie temporal de anomalías (°C)

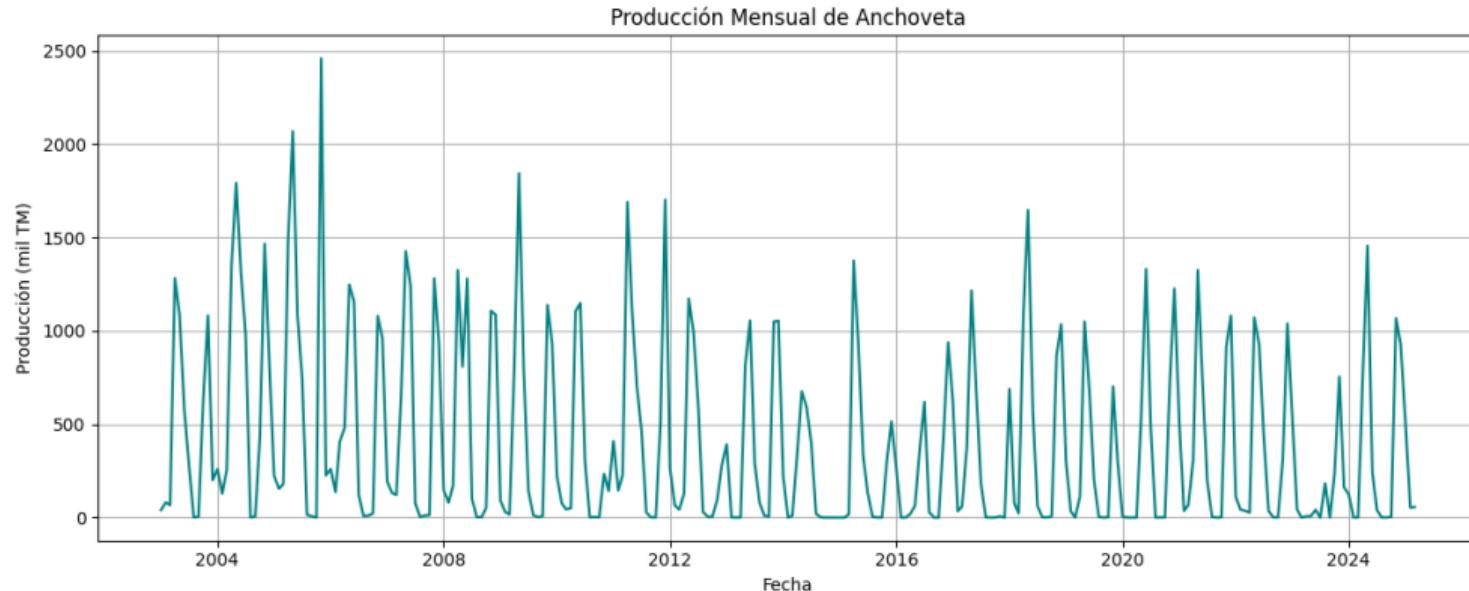


Correlacion entre variables

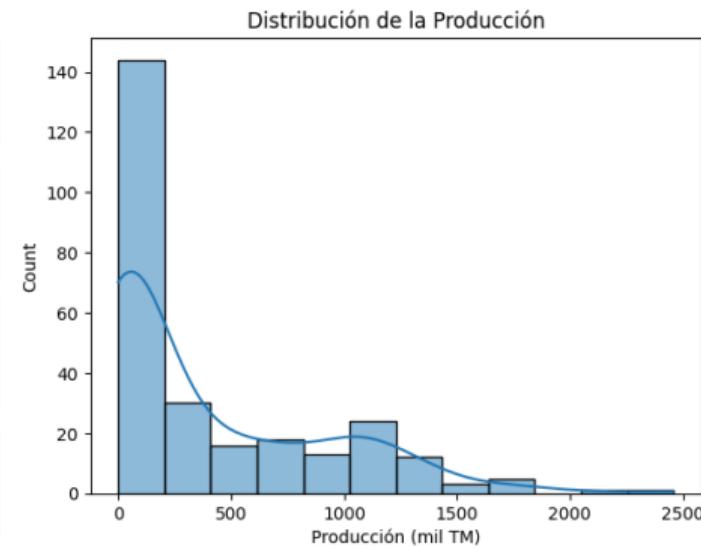
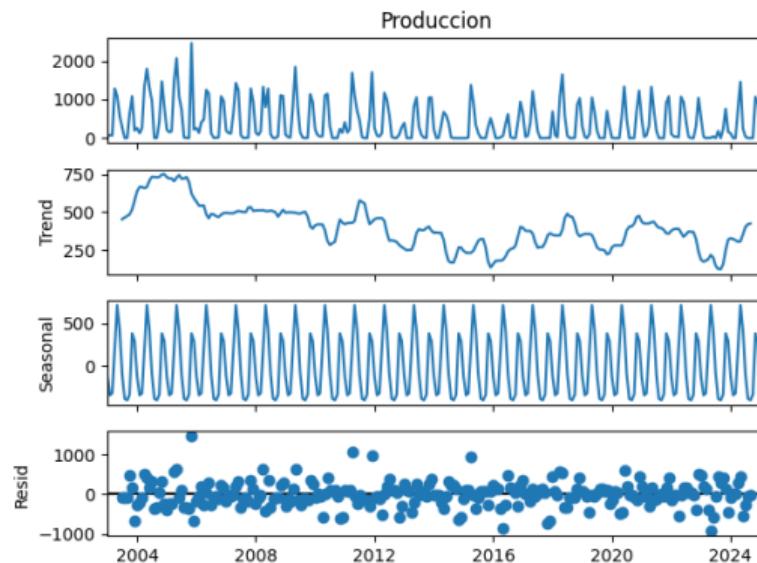
Fig.8 Correlation Heatmap: Anchoveta, SOI, ANOM12, ANOM34



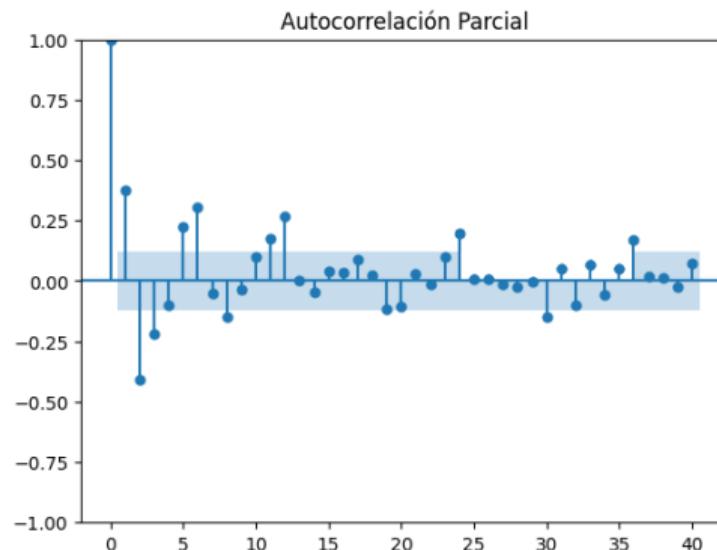
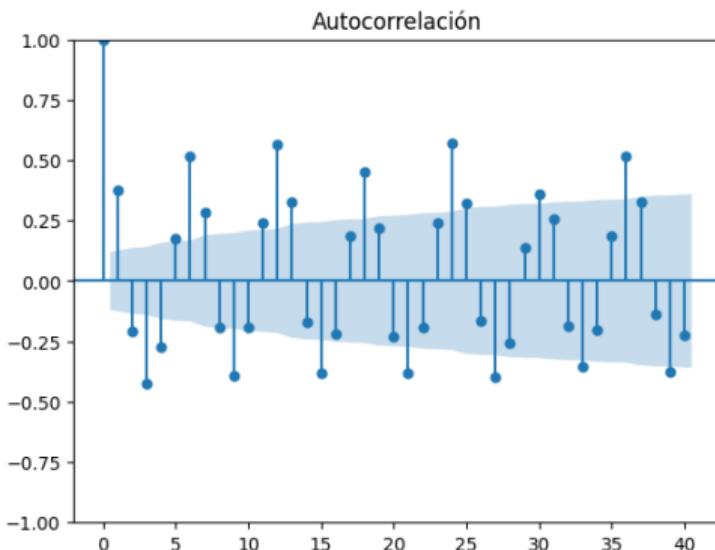
modelo sarimax



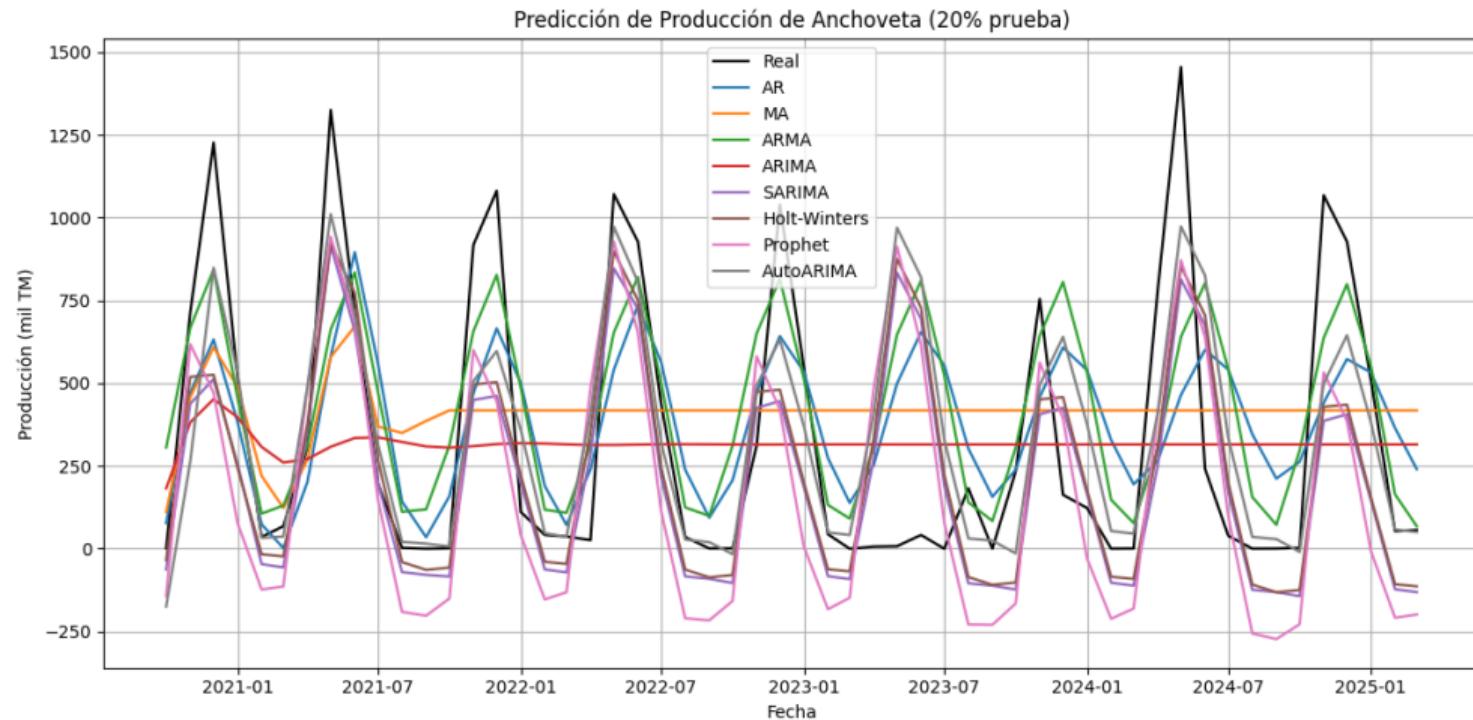
modelo sarimax



modelo sarimax



Comparación de Modelos



Comparación de Modelos

Table 1: Tabla de Métricas de Evaluación

Modelo	MSE	RMSE	MAE	MAPE
AutoARIMA	90248.45	300.41	207.77	18777.91
Holt-Winters	102176.83	319.65	246.13	18211.45
ARMA	102766.54	320.57	243.15	35159.86
SARIMA	107476.23	327.84	255.56	18978.05
AR	122664.79	350.24	284.33	40699.40
Prophet	126817.30	356.11	302.02	22979.96
MA	167586.14	409.37	359.69	63132.84
ARIMA	176503.66	420.12	349.37	48047.33

Comparación de Modelos

SARIMAX Results						
Dep. Variable:	y	No. Observations:	213			
Model:	SARIMAX(5, 1, 0)x(0, 1, [1, 2], 12)	Log Likelihood	-1462.033			
Date:	Mon, 16 Jun 2025	AIC	2940.066			
Time:	18:26:47	BIC	2966.452			
Sample:	01-01-2003 - 09-01-2020	HQIC	2950.744			
Covariance Type:	opg					
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	-0.7038	0.067	-10.497	0.000	-0.835	-0.572
ar.L2	-0.6896	0.096	-7.176	0.000	-0.878	-0.501
ar.L3	-0.5411	0.099	-5.459	0.000	-0.735	-0.347
ar.L4	-0.4583	0.085	-5.410	0.000	-0.624	-0.292
ar.L5	-0.3915	0.071	-5.501	0.000	-0.531	-0.252
ma.S.L12	-0.9969	0.063	-15.871	0.000	-1.120	-0.874
ma.S.L24	0.2193	0.066	3.335	0.001	0.090	0.348
sigma2	1.228e+05	1.02e+04	11.980	0.000	1.03e+05	1.43e+05
Ljung-Box (L1) (Q):	0.59	Jarque-Bera (JB):	17.05			
Prob(Q):	0.44	Prob(JB):	0.00			
Heteroskedasticity (H):	1.01	Skew:	0.25			
Prob(H) (two-sided):	0.98	Kurtosis:	4.34			

sarimax con var Exogenas

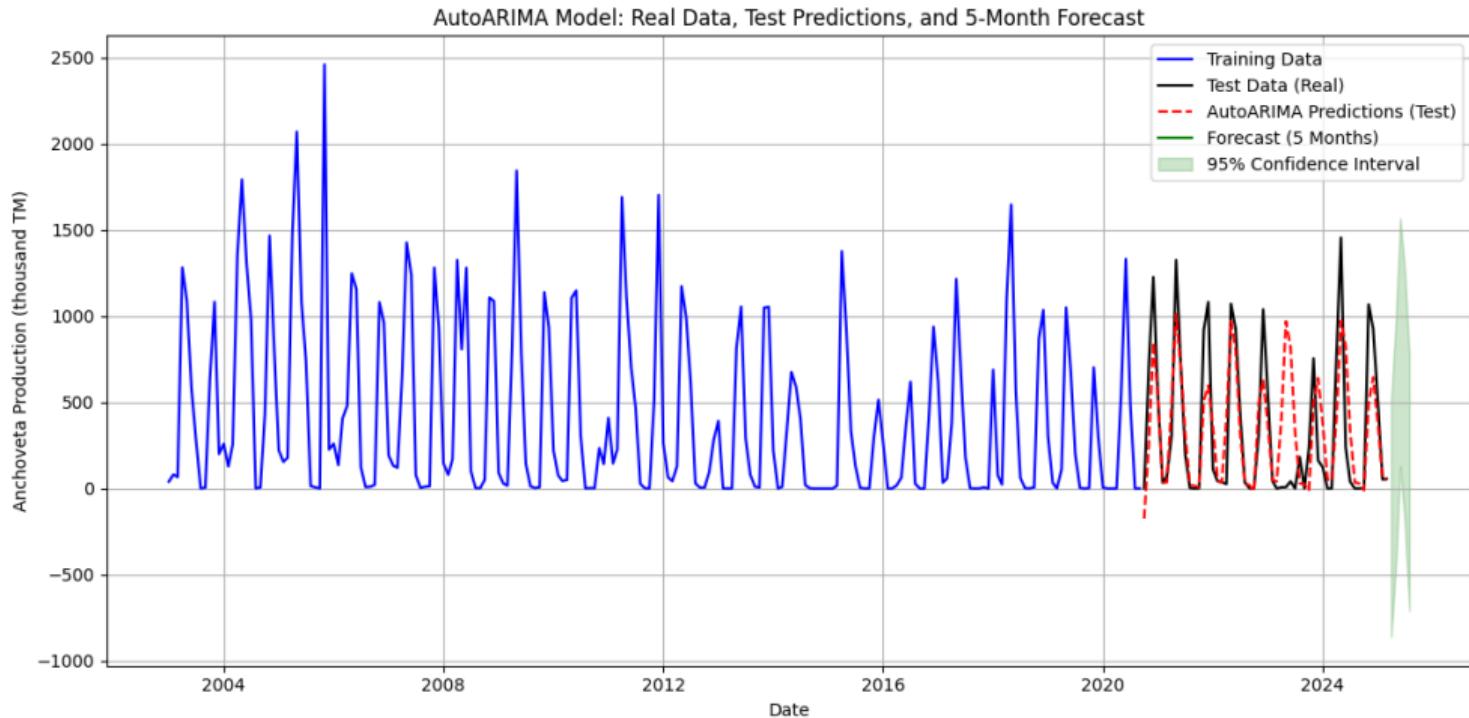
Table 2: Model Comparison for SARIMAX with Different Exogenous Variables

Model	MSE	RMSE	MAE	MAPE
SOI	100 571.05	317.129	242.559	18 098.73
ANOM12	103 627.87	321.913	251.479	17 958.88
SOI+ANOM12*	92 702.90	304.472	225.807	15 947.16
SOI+ANOM12+ANOM34	99 345.74	315.192	239.915	16 940.19

* Best model based on RMSE.

Fecha	IC inferior	IC superior
2025-04-01	-861.42	512.08
2025-05-01	-452.60	979.90
2025-06-01	128.98	1568.30
2025-07-01	-198.91	1262.18
2025-08-01	-708.56	773.84

sarimax con var Exogenas



Optimización mediante grich search

Table 3: Comparación de modelos SARIMAX con diferentes combinaciones)

Exógena	Orden	Orden estacional	AIC	MSE	RMSE	MAE	MAPE
ANOM12	(5,1,1)	(0,1,2,12)	2483.96	87900.54	296.48	216.33	12620.93
	(4,1,1)	(0,1,2,12)	2483.41	89861.65	299.77	219.94	12754.28
	(5,1,1)	(1,1,1,12)	2624.63	91637.18	302.72	225.79	14696.45
	(6,1,1)	(0,1,2,12)	2483.23	94470.99	307.36	227.48	12490.90
	(4,1,1)	(1,1,1,12)	2638.28	92774.76	304.59	231.21	14801.84
	(5,1,1)	(1,1,2,12)	2485.28	99460.52	315.37	236.11	15824.75
SOI	(5,1,1)	(0,1,2,12)	2479.91	81672.80	285.78	203.18	12506.38
	(4,1,1)	(0,1,2,12)	2479.56	82863.53	287.86	203.24	11925.01
	(5,1,1)	(1,1,2,12)	2480.40	81620.10	285.69	204.29	13073.26
	(5,1,1)	(1,1,1,12)	2621.25	81935.09	286.24	205.82	13554.66
	(6,1,1)	(0,1,2,12)	2479.19	83874.37	289.61	205.98	10983.41
	(4,1,1)	(1,1,2,12)	2479.36	83963.13	289.76	208.01	13202.24
SOI+ANOM12	(5,1,1)	(1,1,2,12)	2482.29	82772.41	287.70	203.74	13598.95
	(4,1,1)	(0,1,2,12)	2481.17	84554.89	290.78	204.36	12977.08
	(5,1,1)	(0,1,2,12)	2481.59	81627.94	285.71	204.93	13374.15
	(5,1,1)	(1,1,1,12)	2623.39	82099.12	286.53	205.82	13757.44
	(6,1,1)	(0,1,2,12)	2481.12	87290.04	295.45	207.15	11838.06
	(4,1,1)	(1,1,2,12)	2481.07	84785.64	291.18	207.34	13787.86
SOI+ANOM12+ANOM34	(4,1,1)	(0,1,2,12)	2483.83	85044.84	291.62	205.66	13769.78
	(5,1,1)	(1,1,1,12)	2626.02	81005.70	284.62	205.75	12607.76
	(4,1,1)	(1,1,1,12)	2641.54	85599.67	292.57	206.76	12487.48
	(5,1,1)	(0,1,2,12)	2485.87	86791.19	294.60	208.17	17444.77
	(5,1,1)	(1,1,2,12)	2485.93	85796.18	292.91	208.52	16201.41
	(4,1,1)	(1,1,2,12)	2484.86	87690.93	296.13	208.96	14788.96

Mejor modelo

Table 4: mejores modelos

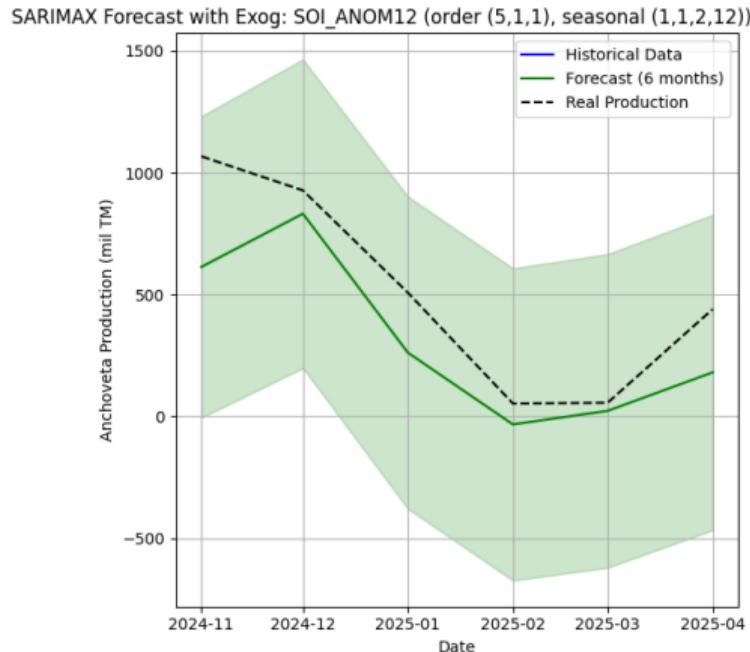
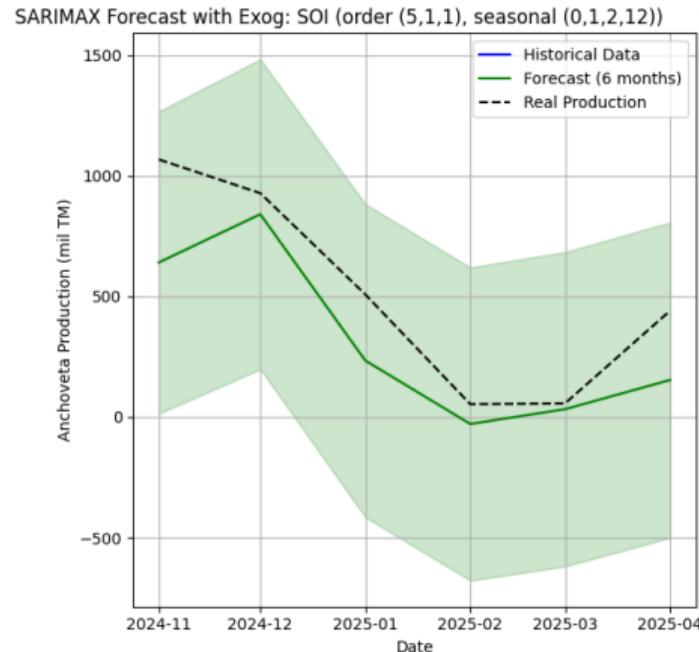
Model	Order	Seasonal Order	AIC	MSE	RMSE	MAE	MAPE
ANOM12	(5, 1, 1)	(0, 1, 2, 12)	2483.96	87900.54	296.48	216.33	12620.93
SOI	(5, 1, 1)	(0, 1, 2, 12)	2479.91	81672.80	285.78	203.18	12506.38
SOI+ANOM12	(5, 1, 1)	(1, 1, 2, 12)	2482.29	82772.41	287.70	203.74	13598.95
SOI+ANOM12+ANOM34	(4, 1, 1)	(0, 1, 2, 12)	2483.83	85044.84	291.62	205.66	13769.78

Mejor modelo

Table 5: Pronóstico a 6 meses del modelo SARIMA con variables exógenas

Modelo	Fecha	Pronóstico	IC Inferior	IC Superior	Valor Real
6*SOI	2024-11-01	640.46	13.65	1267.27	1067.65
	2024-12-01	840.58	198.31	1482.85	927.85
	2025-01-01	233.98	-415.03	882.99	508.20
	2025-02-01	-28.89	-677.90	620.12	53.21
	2025-03-01	32.35	-619.10	683.80	56.53
	2025-04-01	153.27	-500.49	807.03	440.27
		MSE: 59,167.52	RMSE: 243.24	MAE: 197.00	MAPE: 60.94%
6*SOI + ANOM12	2024-11-01	613.72	-5.00	1232.44	1067.65
	2024-12-01	832.19	198.45	1465.94	927.85
	2025-01-01	261.94	-378.88	902.75	508.20
	2025-02-01	-32.48	-673.31	608.34	53.21
	2025-03-01	23.03	-620.59	666.64	56.53
	2025-04-01	180.92	-466.35	828.19	440.27
		MSE: 58,597.88	RMSE: 242.07	MAE: 195.74	MAPE: 63.42%

Resultados



Gracias