

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE POSGRADO

Posgrado: Maestría de Gestión Económica y Financiera de Riesgos

TESIS

Riesgo climático:

*El impacto en la producción del trigo del efecto climático
La Niña en las zonas: Norte y Sudeste de la Provincia de
Buenos Aires*

Alumno: *María del Rosario Rodríguez*

Directora: *Dra. Ana Silvia Vilker*

2022

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN	6
CAPÍTULO 1	6
1.1 INTRODUCCION	6
1.2 PROBLEMA	8
1.3 HIPOTESIS.....	8
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 Objetivo principal	9
1.4.2 Objetivos específicos	9
CAPÍTULO 2	10
2.1 EL ORIGEN DEL TRIGO	10
2.2 HISTORIA DEL TRIGO EN ARGENTINA.....	11
2.3 EL CULTIVO DE TRIGO EN ARGENTINA.....	11
2.4 EL TRIGO EN LA ACTUALIDAD.....	12
2.4.1 Clasificación de trigos	13
2,4.1.1 Trigo pan	13
2.4.1.2 Trigo candeal.....	13
CAPÍTULO 3	14
3.1 ESTADO DEL ARTE	14
3.1.1 Enfoque macroeconómico	15
3.1.2 Enfoque sectorial	15
3.1.3 Enfoque de variabilidad climática	22
3.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA	27
3.2.1 El cambio climático	27
3.2.2 Eventos meteorológicos extremos-variabilidad climática	28
3.2.3 Señal ENOS	30
3.2.3.1 Índice de Niño Oceánico	32
3.3 RIESGOS CLIMÁTICOS.....	33
3.4 VULNERABILIDAD	33
3.5 RIESGO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO.....	34
3.6 CONSIDERACIONES TEÓRICAS GENERALES.....	35
3.6.1 Producción de trigo	35
3.6.2 Requerimientos edafoclimáticos	36
3.6.2.1 Temperatura	36

3.6.2.2 Humedad	36
3.6.2.3 Suelo.....	37
3.6.3 Ciclo vegetativo	37
3.6.3.1 Período vegetativo.....	37
3.6.3.2 Período de reproducción	38
3.6.3.3 Período de maduración.....	39
3.6.4 Calendario agrícola	39
3.7 ESCASEZ HÍDRICA - DÉFICIT HÍDRICO - SEQUÍA	40
3.7.1 Escasez Hídrica.....	41
3.7.2 Déficit Hídrico	41
3.7.3 Sequía.....	41
3.7.3.2 Sequías hidrológicas.....	41
3.7.3.3 Sequías agrícolas o edáficas	41
3.7.3.4 Sequía socioeconómica	42
CAPÍTULO 4	42
4.1 AREAS DE ESTUDIO, VARIABLES Y METODOLOGÍA A UTILIZAR.....	42
4.1.1 MÉTODOS.....	42
4.2 JUSTIFICACIÓN DEL EMPLEO DE LA TENDENCIA LINEAL EN ANÁLISIS	43
4.3 MATERIALES Y PROCEDIMIENTO.....	44
4.4 DESARROLLO TEÓRICO	46
4.5 PARTICULARIDADES DE LA SUBREGIÓN IIS	48
4.5.1 Caracterización Espacial.....	48
4.6 DESARROLLO ANALÍTICO.....	48
4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MODELO PREDICTIVO Y LOS DATOS OBSERVADOS	49
4.8 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS	52
4.8.1 Campaña 1985/86	52
4.8.2 Campaña 1987/88	53
4.8.3 Campaña 2001/02	53
4.8.4 Campaña 2002/03	54
4.8.5 Campaña 2008/09	54
4.8.6 Campaña 2009/10	55
4.8.7 Campaña 2012/13	55
4.9 OTROS PUNTOS CRÍTICOS	56
4.9.1 Sequía histórica 2017/18.....	56
4.10 PARTICULARIDADES DE LA SUBREGIÓN IV.....	57
4.10.1 Caracterización Espacial.....	57

4.11 DESARROLLO ANALÍTICO.....	58
4.12 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MODELO PREDICTIVO Y LOS DATOS OBSERVADOS ...	59
4.13 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS	61
4.13.1 Campaña 1981/82	61
4.13.2 Campaña 1985/86	62
4.13.3 Campaña 1990/91	62
4.13.4 Campaña 1998/99	62
4.13.5 Campaña 2002/03	63
4.13.6 Campaña 2007/08	63
4.13.7 Campaña 2008/09	64
4.13.8 Campaña 2014/15	64
4.13.9 Campaña 2016/17	65
4.14 OTROS PUNTOS CRÍTICOS	65
4.14.1 Sequía histórica 2017/18.....	65
CONCLUSIONES FINALES	66
REFERENCIAS.....	69
Tabla 4.....	72
Tabla 5.....	73
ANEXO 1	74
ANEXO 2	75
ANEXO 3	76
ANEXO 4	79

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que directa o indirectamente me han ayudado a llegar hasta aquí.

A la directora Dra. Ana Silvia Vilker por su lectura y corrección.

A la Universidad de Buenos Aires por las oportunidades que me brindó.

*Pero por sobre todo a mi hermosa y adorada **PILA** que me acompañó cuando empecé la tesis, queriendo aportar algunas ideas con su caminata sobre el teclado, pero no pudo esperar a que termináramos juntas el trabajo. Hermosos momentos.*

RESUMEN

Un tema que viene surgiendo en los últimos años es el cambio climático que puede intensificar tanto las condiciones climáticas medias dentro de las que históricamente los productores agrícolas han desarrollado su actividad como la magnitud de las variaciones y la frecuencia con que se manifiesta tanto los periodos de sequía y los de inundaciones y este problema requiere una gran atención porque sus efectos impactan altamente en la vida activa de las sociedades a través de sus ecosistemas.

Los campos de impactos económicos y sociales causados por las anomalías climáticas en forma directa como indirectas abarcan una amplia gama de sectores; industria alimenticia, una amplia gama de servicios, sector financiero ya que este responde subiendo los precios de las materias primas por las pérdidas de producción de los productos agrícolas, sector de comercio exterior, recursos naturales, hábitats y muchos más.

En el presente trabajo de tesis se estudia los efectos del fenómeno climático El Niño - Oscilación del Sur en lo que respecta a su fase cálida llamada Niña, ocasionando períodos de sequía, sobre los rindes agrícolas del cultivo de trigo en la provincia de Buenos Aires, zona triguera por excelencia, en las dos subregiones en que está dividida la misma.

Palabras clave: trigo, rindes, sequía, campañas, período crítico, anomalías climáticas.

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCION

El International Research Institute for climate and Society (IRI por sus siglas en inglés), ha publicado el día 18 de septiembre del año 2020, una actualización del pronóstico, para la temperatura del Pacifico Ecuatorial Centro, según el cual, el efecto La Niña que históricamente ha influido en las precipitaciones en todas las partes del mundo sería un evento climático ya instalado con intensidad que pasaría de ser, de débil a moderado. El instituto estima también que no se prolongaría más allá del trimestre febrero-marzo-

abril del año 2020 con lo cual, según el IRI, la probabilidad de La Niña decaería notablemente.

En las últimas décadas las ciencias económicas y naturales revelan, en distintos estudios, la preocupación por el Medio Ambiente y el Cambio Climático, en cómo las temperaturas, las precipitaciones y demás eventos meteorológicos influyen en los resultados económicos y financieros.

Estos estudios se centran en cambios en las condiciones meteorológicas a lo largo del tiempo dentro de un área espacial determinada, analizando los impactos en la producción agrícola, producción industrial, productividad laboral, demanda de energía, salud, conflictos ambientales, crecimiento económico y muchas otras variables potencialmente correlacionadas.

Se hace necesario asumir la amplitud de canales que unen el clima y la economía para la comprensión de lo histórico, lo contemporáneo y las futuras consecuencias económicas y sociales dentro del ecosistema o unidad espacial específica, para poder realizar un enfoque de vulnerabilidades tanto distrital como provincial ya que, por ejemplo, la agricultura no se da en el vacío o en un escenario aislado de la unidad ecosistémica. Según Lino Briguglio (2016), la vulnerabilidad económica se asocia con la exposición inherente a choques externos y la resiliencia económica con políticas que permitan a un país minimizar o soportar los efectos negativos de tales choques.

En función de lo expresado en los párrafos anteriores el objetivo de esta tesis, es determinar el impacto de los eventos climático extremos asociados a La niña en forma de variaciones de los rendimientos del trigo cultivado en la subregión norte y sudeste de la Provincia de Buenos Aires.

En lo que sigue se presenta primeramente el desarrollo del trabajo que contiene la descripción del problema, la hipótesis a confrontar, los objetivos y los distintos aspectos relacionados con el cultivo de trigo. En el capítulo 2 se resumen los recientes trabajos relacionados con el tema de estudio, proporcionando una guía de sus modelos, enfoques, metodologías, conjuntos de datos y hallazgos. En el capítulo 3 se tratan los conceptos relacionados con el cambio climático, y la variabilidad climática, y los riesgos climáticos y vulnerabilidades. Finalmente, en el capítulo 4 se describen las áreas de estudio, las variables y la metodología a utilizar con el fin de evaluar el impacto de la

variabilidad climática en los rindes del cultivo de trigo, así como también, las fuentes de los datos, el aporte a realizar y las conclusiones.

1.2 PROBLEMA

Las condiciones climáticas afectan a grandes sectores de la economía, entre ellos, la cadena agro-alimentaria, tiene una alta exposición y vulnerabilidad a los eventos climáticos adversos como lo fue el último episodio de La Niña ocurrido en la campaña agrícola 2017-2018 donde se registraron importantes pérdidas en el agro argentino y que impactaron en el Producto Bruto Interno del país.

Las recientes actualizaciones del International Research Institute for climate and Society, muestran elevada probabilidad de ocurrencia del efecto la niña durante la campaña 2020/2021.

A su vez coincidirá con el período crítico del desarrollo del trigo y considerando que el complejo triguero de la provincia de Buenos Aires es aproximadamente el 44% del total de la producción argentina, resultando ser representativo y vulnerable a las pérdidas por tales efectos climáticos adversos.

Dada la sostenida demanda mundial por grano y/o sémolas de alta calidad, las posibles disminuciones de producción en el cultivo estudiado podrían impactar en el abastecimiento a Europa, América Latina y el Norte de África (oportunidades asociadas), produciendo impactos indirectos fuertes.

Por eso el objetivo principal de este trabajo es analizar el efecto que un evento climático extremo asociado al fenómeno La Niña, produce en la producción triguera de las dos subregiones más representativas y productivas de la provincia de Buenos Aires.

1.3 HIPOTESIS

Las condiciones hídricas menores al promedio como consecuencia del efecto climático La Niña producirían disminución de los rindes en el complejo triguero en la subregión

norte de Buenos Aires IIS y la subregión sudeste de Buenos Aires IV de la zona núcleo de la República Argentina.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo principal

Analizar los rindes históricos del trigo, en las zonas del complejo triguero argentino conocidas como subregión IIS y la subregión IV, identificando si en aquellos períodos en los que se estaba bajo la situación de un evento climático de sequía, La Niña, se produjo algún impacto en los rendimientos del cultivo estudiado.

1.4.2 Objetivos específicos

Estimar la contribución aportada por el avance tecnológico incorporado por el productor agropecuario triguero, de la subregión IIS y de la subregión IV.

Evaluar al fenómeno ENOS, (El Niño - Oscilación del Sur), para utilizarlo como un ítem importante dentro del proceso de toma de decisiones del productor en cuanto al calendario de siembra.

Observar si el estrés hídrico se produce en el período llamado “período crítico” de la evolución del cultivo.

Analizar si el fenómeno ENOS puede ser tomado como punto de partida para el inicio de la implementación de cualquier tipo de políticas públicas destinadas a paliar los potenciales daños futuros pronosticados por el Oceanic Niño Index (ONI).

CAPÍTULO 2

2.1 EL ORIGEN DEL TRIGO

La palabra “trigo” proviene del vocablo latino “Triticum”, cuyo significado es “quebrado”, “triturado” o “trillado”, en relación con la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo y de la cascarilla que lo protege y recubre.

Hace más de once mil años atrás, cuando los seres humanos comenzaron a cultivar trigo escaña y farro que son dos ancestros del trigo según los datos que se conocen en la actualidad. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo se vieron en los países de Turquía, Siria, Jordania, e Irak.

En la antigüedad los primeros humanos recolectaban los granos de trigo y otros cereales y los trituraban con piedras que hacían las veces de morteros, los romanos para aumentar la producción inventaron la rueda de agua para aprovechar la energía del agua en movimiento para girar las piedras del molino.

Hasta el siglo XVII no existían grandes avances en los métodos de cultivo y procesamiento del cereal, a finales del siglo XVIII cuando se presentaron los primeros desarrollos mecánicos en el proceso de molinería, como montacargas, aventadores y métodos más modernos con lo cual se aumentó la producción de harina hasta ese momento.

En el siglo XIX, aparece el molino a vapor con rodillos o cilindros de hierro, significando un cambio importante en la molienda, el cultivo del trigo fue aumentando en consonancia con estos inventos y muchos otros desarrollos tecnológicos que permitieron mejorar el rendimiento del cereal.

2.2 HISTORIA DEL TRIGO EN ARGENTINA

En el año 1527 el trigo se introdujo en el Río de la Plata y las primeras siembras fueron en la provincia de Santa Fe por lo que está considerado el trigo, para la región pampeana como un cultivo pionero de la colonización agrícola.

En los comienzos de la década del siglo XX, se inicia el mejoramiento de las variedades de trigos a nivel nacional con programas de mejoramiento genético, el Ministerio de Agricultura en base a las diferencias agroecológicas establece siete regiones trigueras

En diciembre del año 1956, se crea el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con la finalidad de coordinar el desarrollo de la investigación agropecuaria, siendo muy destacada la importancia que tiene este organismo en la promoción, investigación, promulgación, asesoría y mejoramiento del cultivo de trigo.

Se crearon también asociaciones de cooperativas las que inician las actividades de mejoras de la sanidad y la calidad reduciendo la altura de la planta y evitando así el vuelco con la consiguiente pérdida del cultivo y nuevas variedades de semillas mejoradas; a su vez se formaron federaciones de acopiadores de la industria molinera.

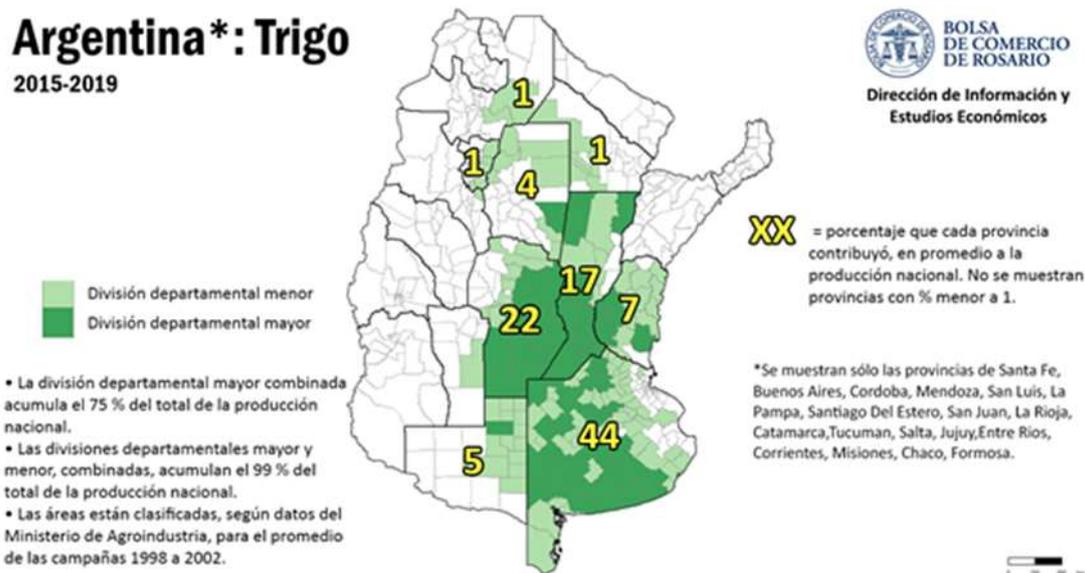
2.3 EL CULTIVO DE TRIGO EN ARGENTINA

La provincia de Buenos Aires tiene dos zonas trigueras bien diferenciadas, conocidas como subregión noreste de Buenos Aires – IIS- y la subregión sudeste de Buenos Aires -IV-. La última de estas se dedica también al cultivo de trigo candeal que en la actualidad está en franco retroceso en la Argentina ya que los beneficios monetarios son menores frente a los costos de producción, por lo que se constituye en una zona con condiciones de alta vulnerabilidad a las anomalías climáticas.

En el siguiente gráfico se muestra la participación porcentual de la producción del trigo en las regiones donde se cultiva el trigo en Argentina. La provincia de Buenos Aires representa el 44% del total de la producción del país, de ahí la importancia de la medición del impacto de un evento climático adverso en su territorio.

GRAFICO 1

Porcentaje de cada provincia en promedio a producción nacional de trigo



FUENTE: Bolsa de Comercio de Rosario.

2.4 EL TRIGO EN LA ACTUALIDAD

En la Argentina, el trigo es uno de los cultivos invernales de mayor producción, también es importante en la rotación de cultivos, ya que contribuye aportando el carbono necesario para mantener los niveles de materia orgánica del suelo y en la regeneración de la porosidad en capas compactas asegurando un mejor potencial productivo (Barberis, 2014).

El complejo triguero argentino está dividido en siete subregiones, I, IIN, IIS, III, IV, VN, VS y dos regiones NOA y NEA (ANEXO 1 Y 2), abarcando cada una de ellas extensas áreas, con características agroecológicas diferentes (Zarrilli, 2010), con una notoria variabilidad entre ellas, incluso dentro de la misma subregión/regiones, debido principalmente a que las grandes superficies presentan diferentes suelos y climas, como

consecuencia, habitualmente se presentan variaciones de producción y calidad entre las subregión/regiones.

Con respecto a las exportaciones mundiales de trigo, Argentina es el séptimo proveedor mundial con aproximadamente el 7% de las ventas totales en 2017 y 2018 (Comtrade de Naciones Unidas), entre los principales exportadores están Estados Unidos, Rusia, Canadá, Francia, Australia, Ucrania y Alemania.

Las exportaciones del complejo triguero (ver regiones ANEXO 2), en total fueron de 2.836,00 millones de dólares durante el año 2019, correspondiente al 4,4 % de las exportaciones totales del país¹ mostrando un decrecimiento de 0,1 % respecto del año 2018. En cuanto a su composición el 86,4 %, correspondieron a trigo, mientras que el 13,6 % restante se concentró en exportaciones derivadas del trigo tales como la harina, salvados, pan y galletas.

Por otra parte, el principal mercado para el complejo triguero es Brasil (95,8 %), le siguen Chile, ASEAN (Brunei, Camboya, Filipinas, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Singapur, Tailandia y Viet Nam), ALADI, NAFTA (Canadá, Estados Unidos y México), Unión Europea, Medio Oriente, Magreb y Egipto.

2.4.1 Clasificación de trigos

En Argentina se han desarrollado dos tipos predominantes de trigos, estos son:

4.2.1.1 Trigo pan

El trigo pan (trigo “Triticum aestivum”) es el trigo más cultivado, también conocido como trigo para producción de pan francés, galletas y harinas en general, tiene un contenido alto de proteínas y gluten.

2.4.1.2 Trigo candeal

¹ INDEC, Dirección Nacional de Estadísticas del Sector Externo.

El trigo Candeal (trigo “Durum”), con alto contenido de proteínas y poco gluten también conocido como trigo para pasta, se diferencia por su dureza, buen sabor y sus excelentes cualidades de cocción. Se utiliza principalmente para la elaboración de pasta y sémolas. Los molinos pagan un premio por encima del precio base.

Este tipo de trigo comienza a difundirse aproximadamente 60 a 70 años atrás, luego de la introducción de la semilla por parte de inmigrantes italianos en el sur de la Provincia de Buenos Aires, principalmente en la localidad de Tres Arroyos.

Las hectáreas de cultivos de esta variedad vienen sufriendo un retroceso desde la década del 70, donde se había llegado al récord de área sembrada, por falta de competitividad frente al trigo pan y últimamente frente a la cebada cervecera.

El trigo candeal es la materia prima para la elaboración de pastas secas dentro del segmento de Alta Calidad o Pastas Premium y se siembra bajo la modalidad de contrato entre productor e industria fideera y tiene la ventaja operativa que se entrega a cosecha.

El déficit mundial de trigo candeal es una constante y se agrava por falta de competitividad de dicho cultivo, cediendo superficie frente a otros sembradíos. En Europa el consumo de sémolas de candeal es muy firme y seguirá en aumento, lo cual indicaría que la Unión Europea continuará siendo importador neto con demandas insatisfechas.

La cotización del trigo candeal es superior a las cotizaciones del trigo pan, justamente para compensar el riesgo y el mayor costo de la tonelada producida por hectárea.

Se han descripto las características generales del cultivo del trigo en cuanto a su historia, evolución, geografía e importancia estratégica, así como también sus variedades, a continuación, se expondrán los distintos enfoques de la literatura sobre el tema a desarrollar en esta tesis y sus principales exponentes.

CAPÍTULO 3

3.1 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad se hace necesario estudiar, analizar y medir los efectos del cambio climático, en las economías en general y especialmente en el sector agrícola ya que dicho fenómeno incide de forma directa sobre los cultivos, que formarán parte de la alimentación mundial, alterando las frecuencias e intensidad de las cosechas y como consecuencia afectando las economías de los países no sólo en las cantidades sino también en los precios.

Los distintos enfoques utilizados en la literatura para medir el impacto del cambio climático son: el **enfoque macroeconómico** y el **enfoque sectorial** y para medir el impacto de variabilidad de los componentes del clima es: **enfoque de variabilidad climática**.

3.1.1 Enfoque macroeconómico

El enfoque macroeconómico, tiene su impacto en el bienestar de la población por lo que se asocia al incremento de precios que el cambio climático pudiera generar en los bienes adquiridos/consumidos; Es un trabajo de la Dirección Nacional de Planeamiento de Colombia y el Banco Internacional de Desarrollo del año 2014 que partiendo de la información que surge de Cuentas Nacionales, estima el impacto que el clima tiene en cada sector de actividad en términos de PIB, no incorpora variabilidad, estima impactos en el largo plazo por lo tanto se utiliza para valuaciones económicas del fenómeno climático, a largo plazo.

3.1.2 Enfoque sectorial

En el enfoque sectorial del agro las metodologías utilizadas se clasifican en: **estructurales y espaciales**.

El enfoque estructural CEPAL (2010): es de índole agronómico, se estiman las respuestas de los productos agrícolas estudiados, frente a variaciones de las temperaturas y de precipitaciones con series de tiempo diarias o anuales, estimados los impactos en la producción agrícola (utilizando simulaciones agronómicas), se los incorpora a modelos económicos que permiten estimar cambios en la oferta y/o en los precios de los cultivos agrícolas. Se suele estimar una función de producción,

generalmente cuadrática, y variar los valores de temperatura y precipitaciones, y por consiguiente evaluar su impacto sobre el rendimiento del cultivo y/o índice de producción.

El enfoque espacial: estiman los efectos del cambio climático sobre el valor de las tierras para cultivo, en términos de la apreciación o depreciación de estas últimas. Mendelsohn y Seo (2007) con una muestra de dos mil granjas en siete países sudamericanos encuentran que en un escenario climático bastante severo, el valor de la tierra se reducirá el 30% para el 2100 o sobre el beneficio de los productores agrícolas, una de las ventajas de este enfoque es que permite cuantificar el impacto del cambio climático en unidades en forma desagregada (por ejemplo a nivel de granjas) y la posibilidad de poder considerar otras variables como la calidad de la tierra, entre otras. Entre las desventajas es que los resultados obtenidos por estos modelos dependen de los datos que se disponen de las regiones geográficas analizadas que pueden ser de poca calidad provocando un análisis estadístico defectuoso.

Artículos referenciales

Dentro de este enfoque se inscribe el trabajo de Lozanoff, (2006), donde trata de captar la manera como los productores agropecuarios reaccionan ante el cambio climático, su adaptación al mismo y el efecto sobre la variación del valor de la tierra.

Este estudio toma como unidades de análisis los subconjuntos de pequeños productores familiares y productores comerciales empresariales (los datos fueron relevados de octubre 2004 a junio 2005 con una muestra de 402 productores de distintos tamaños de explotación), y utiliza el método Ricardiano que se basa en el supuesto de que el valor de la tierra refleja la productividad neta de la tierra de cada explotación agrícola.

La combinación de variables climáticas, edáficas y particularidades del relieve han dado lugar a distintos tipos de regiones naturales (Selva Misionera; Yungas; Chaco Húmedo; Chaco Subhúmedo; Chaco Seco; Pampa; Espinal; Montes; Estepa patagónica; Bosques subantárticos: Altos Andes y Puna).

En síntesis, se consideró la incidencia de las variables climáticas, edáficas y de ambiente sobre el ingreso neto por hectárea, y sobre la variación del valor de la tierra

resultando altamente significativas las precipitaciones de verano y la temperatura de invierno y altamente limitante para la producción agrícola y ganadera y las variables edáficas con influencia negativa.

Dentro de los enfoques metodológicos para medir los resultados del cambio climático en el sector agropecuario en los que se inserta tanto el enfoque estructural como espacial considerándolos como complementarios, está el enfoque Ordaz y otros (2010), dentro del proyecto “*La Economía del Cambio Climático en Centroamérica*”, el cambio climático representa una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por múltiples impactos en la población y en los sectores productivos que afectará fiscalmente a los gobiernos de varias generaciones y al mismo tiempo será una de las regiones más vulnerables ante los embates del cambio climático.

Examinaron en este proyecto los posibles efectos del cambio climático sobre la producción de maíz, frijol y café con lo que los resultados sugieren que es posible que para los tres cultivos ya se haya sobrepasado la temperatura que permitan alcanzar los mayores márgenes de producción/rendimientos, por lo que es probable que ya se estén teniendo pérdidas de producción e incrementos futuros en la temperatura podrían generar mayores pérdidas. De igual manera los niveles de precipitación observados en los años anteriores son inferiores a los que permiten lograr la mayor producción por lo cual las ganancias se verían afectada.

Ante distintos escenarios meteorológicos, en Costa Rica se analizó el impacto en cuatro tipos de cultivos: arroz, papa, frijol y café; respecto al arroz, menores precipitaciones pluvial o temperaturas altas inciden negativamente en su rendimiento al acortar el ciclo de cultivo por consiguiente las fechas de siembra del arroz y zonificación se verán afectadas.

En cuanto a la papa y al frijol, los aumentos en la temperatura constituyen el principal factor en la disminución de sus rendimientos, pero, incrementos en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) ambiental se asocian con aumentos en el rendimiento de ambos cultivos.

Un interés particular alcanza al cultivo del café por su importancia económica en términos de producción y generación de empleos, al que un incremento de la temperatura y nivel de precipitación podrían elevar sus rendimientos.

Entre los principales indicadores, el sector agroalimentario costarricense representa alrededor del 10% del PIB² total entre los años 2000 a 2008, y también tiene importante relevancia la participación del sector agropecuario en el comercio exterior.

Entre las conclusiones que se extrajeron del estudio fueron que la temperatura máxima que se presentó en Costa Rica en el año 2005 es mayor a aquélla que permite obtener la producción máxima (según este estudio se encuentra alrededor de 27 °C), como el cambio climático, supone un incremento en las temperaturas, los efectos negativos del calentamiento global ya podrían estar ocurriendo en el sector agropecuario de Costa Rica. En el mismo año el comportamiento de la producción agropecuaria ante variaciones en las precipitaciones indicaba que el nivel de lluvias fue inferior al nivel que optimizaba la producción (según este estudio la precipitación acumulada en los meses de mayo a octubre que logra la mayor producción se encuentra alrededor de 2.700 mm), y peor aún las proyecciones climáticas prevén disminuciones en el régimen de precipitaciones.

En cuanto al impacto sobre la variación del ingreso por la renta de la tierra de los hogares rurales costarricenses, se utilizaron variables sociodemográficas (tamaño promedio de los hogares, escolaridad promedio de los jefes de hogar, edad promedio de los jefes de hogar, etc.), agrícolas (variables dummy de suelos) y climáticas (temperatura promedio anual, precipitación acumulada anual), los hallazgos indican que el ingreso por alquiler de la propiedad disminuye cerca de dos dólares ante un incremento de una unidad (1° C) en la temperatura media anual y se estima que un incremento de una unidad adicional en la precipitación acumulada anual implica, en promedio una disminución de 1,3 centavos. de dólar lo que equivale a señalar que, si las precipitaciones acumuladas anual se incrementa en 100 mm, los hogares rurales de Costa Rica perderían más de un dólar en el ingreso por alquiler de su propiedad, lo que equivale a una disminución del 1,8% del ingreso promedio que proviene de esta fuente lo que estaría implicando que los impactos atribuibles a los incrementos en la temperatura media anual y precipitación acumulada son negativos.

² CEPAL (2008), Subregión Norte de América Latina y el Caribe: Información del sector agropecuario. Las tendencias alimentarias 1995-2007, México, D.F., agosto.

Teniendo en cuenta escenarios futuros los impactos económicos del cambio climático según este estudio hasta el año 2100 y teniendo como base el año 2007; los mayores impactos negativos parecen deberse a incrementos en la temperatura, considerando distintos escenarios representan una pérdida de cerca del 5% al 8% del PIB de 2007, en el caso de la precipitación las pérdidas representan entre el 3% y 4%.

Las cuantificaciones del presente desarrollo, de los impactos económicos basados en los escenarios climáticos brindan un panorama general del comportamiento de la producción agropecuaria ante cambios en las precipitaciones y temperaturas, pero hay que considerar que las estimaciones presentadas en este estudio no se incluyen ninguna adaptación ni cambios externos los cuales implican además un escenario muy desalentador para el ingreso por renta de la propiedad.

Otro estudio importante dentro de este enfoque es el realizado por Michael A. Tannura, Scott H. Irwin, and Darrel L. Good (2008), relaciona el clima (toman como variables climáticas las precipitaciones y las temperaturas mensuales), la tecnología (considerando una tendencia lineal) con los rindes de los cultivos de maíz y soja en tres regiones de EE. UU. a saber Illinois, Indiana y Iowa que representan aproximadamente el 40 % del cultivo de maíz y soja de dicho país.

Varios analistas como Kaufmann y Snell (1997), consideran dos principales tipos de análisis, uno que consiste en un modelo de simulación de cultivos que hace foco sobre los efectos del clima y las características de los suelos sobre los rendimientos con conclusiones más físicas y biológicas de las plantas y un segundo método que consiste en modelo de regresión múltiple para estimar las relaciones entre clima tecnología y rendimientos.

Bajo los conceptos anteriores los autores del presente estudio plantearon para explicar los rendimientos de los cultivos, un modelo de regresión múltiple, considerándolo más ventajoso para capturar los efectos sobre el rendimiento, con variables en términos lineales y cuadráticos, para reflejar el impacto, tanto de variables climáticas como también combinación de estas, en la forma funcional creada o especificación del modelo.

La muestra recolectada abarca los años 1960 al 2006 con la cual llegan a las conclusiones que los rendimientos del maíz en esos años fueron muy afectados por la

tecnología (Ej. mayor uso de fertilizantes nitrogenados), la magnitud de las precipitaciones durante los meses de junio y julio y la magnitud de las temperaturas durante los meses de julio y agosto.

En cuanto a los rendimientos de la soja llegaron a la conclusión que fueron afectados por la tecnología y los niveles de precipitaciones de los meses de junio a agosto.

Si bien dejan en claro, que el clima y la tecnología son importante variables determinantes del rendimiento de los cultivos antes mencionados, su relación exacta es objeto de debate, ya que exponen que el cambio climático produce un aumento de la variación del clima perjudicando los pronósticos de siembra y las decisiones de manejo de cultivo a nivel productor y consideran al clima dentro de un sistema caótico (Lorenz 1993) en lo dificultoso de pronosticar a largo plazo.

En cuanto a los rendimientos de tendencia de tecnología dieron que las mejoras tecnológicas fueron muy significativas para cada estado, en primer lugar, fueron para Iowa seguida de Illinois e Indiana y la variabilidad del rendimiento anual fue similar para cada región.

Otro artículo destacado para medir el impacto económico del cambio climático sobre las tierras agrícolas de EE. UU. es el trabajo de Deschenes, O. y Greenstone, M. (2006) estimando los efectos de la variación climática, según sus autores, esta última presuntamente aleatoria, de un año a otro sobre la ganancia agrícola.

En la primera parte hacen una crítica sobre el enfoque hedónico, porque la función de producción no tiene la posibilidad de calcular las estrategias de adaptación del productor como por ejemplo aumento de los fertilizantes, con lo que los resultados pueden ser sesgados negativamente, por lo que este enfoque no provee una estimación consistente del efecto del clima en los valores de la tierra agrícola.

Utilizando metodologías de panel, con datos recolectado de los censos de los años 1978-1982-1987-1992-1997 y 2002 obtuvieron valores correspondientes a 2124 condados sobre cantidades de acres destinadas al cultivo de maíz soja y trigo; calidad de los suelos; temperaturas diarias; régimen de precipitaciones.

Proponen para medir los efectos del cambio climático sobre las ganancias de los agricultores, un enfoque que consiste en aprovechar la presunta variación aleatoria de las temperaturas y las precipitaciones de un año a otro y evaluar el promedio de ganancias agrícola de los productores norteamericanos si son mayores o menores en los años más cálidos y húmedos para inferir efectos económicos.

Su hipótesis es que el aumento de la temperatura y las precipitaciones no tendrán ningún efecto sobre las ganancias sino que conducirá a un incremento anual (sugieren que los cambios climáticos estimados corresponden a cambios económicamente pequeños y estadísticamente significativos en las ganancias, por lo que es posible, según sus estudios rechazar efectos negativos), por lo que sus hallazgos contradicen el consenso general de que el cambio climático tendrá importantes consecuencias negativas para el bienestar del sector agrícola estadounidense, pero establece que no en todos los estados tendrán ganancias por ejemplo, California se verá perjudicada en -2,4 mil millones; Colorado en -610 millones y Oklahoma en -580 millones mientras que estarían ganando Pensilvania 570 millones y Dakota del Sur 540 millones de dólares.

Una contribución metodológica importante lo realizaron Naresh Kumar S., Aggarwal P. K., Swaroopa Rani D. N., Saxena R., Chauhan N., Jain S. (2014). quienes evaluaron la vulnerabilidad regional de la producción de trigo al cambio climático en India, cuantificando los impactos y las ganancias de adaptación por parte del productor mediante un análisis de simulación utilizando un modelo climático global (GCM), con el objetivo de simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento del trigo en condiciones tropicales y subtropicales como en la India, utilizando datos meteorológicos de 1960 a 1990, de acuerdo a este estudio se proyecta que el cambio climático reducirá el rendimiento de trigo en India en el rango de 6% al 23% para el año 2050 y de 15% al 25% para el año 2080.

Las diferencias en el tiempo de siembra son una de las principales razones de los impactos variables en el rendimiento, se proyectó también que las áreas sembradas tardíamente sufrirán más que los sembrados a tiempo (se pronostica que el rendimiento del trigo sembrado a tiempo se reduce en 6% y 15% para el año 2050 y año 2080 respectivamente mientras que en siembras tardías y muy tardías, se pronostica que el

rendimiento disminuya 28% y 45% respectivamente, en el año 2050 y en 35% y 52%, respectivamente para el año 2080).

El cambio climático afecta a los cultivos principalmente a través del aumento de la temperatura (Ej. mayor a 34° C) ya que el 85% de la superficie de la tierra utilizada para el cultivo de trigo se riega, por consiguiente, la influencia de lluvia no es significativa.

Se prevé que el impacto del cambio climático en el rendimiento del cultivo de trigo varíe espacialmente, para el año 2050 en los estados de Punjab y Haryana disminuyan entre un 8% y un 22%, en Uttar Pradesh y Bengala Occidental se prevé que se reduzca un 24% y en Rajasthan y Madhya Pradesh, que son los principales estados productores de trigo la reducción del rendimiento se proyecta en el 25%, para el año 2080.

3.1.3 Enfoque de variabilidad climática

El enfoque de variabilidad climática es el que más se ajusta al concepto del riesgo, brinda una aproximación para la valuación de pérdidas económicas, en donde la variabilidad climática se asocia con las desviaciones respecto a la tendencia y a su vez vinculados con el aumento de la frecuencia e intensidad del fenómeno climatológico ENOS, (El Niño - Oscilación del Sur), este enfoque permite analizar variabilidad y tendencia captando los efectos de los cambios significativos en los rendimientos por efectos climáticos extremos.

Artículos referenciales

Un estudio abordado desde el enfoque de la variabilidad climática es Heinzenknecht, (2011) que establece indicadores integrales del estado (mar /atmósfera) y se toma este índice como determinante del estado del ENOS (Niño, Niña, Neutro) luego procedió a determinar series estacionales de precipitación acumulada de los periodos 1970 a 2010.

El paso siguiente fue determinar la probabilidad de ocurrencia de lluvias escasas, normales o abundantes, de la probabilidad absoluta de cada una de estas situaciones se ha determinado la probabilidad relativa expresada en porcentaje (número de casos / casos totales).

Obtenidas las frecuencias relativas identificó las localidades para las cuales la probabilidad de ocurrencia de lluvias escasas o abundantes resultó ser significativamente superior (o inferior) al 33,3% teórico que representa al tercil y establecer de esa manera los años en que podría existir la evidencia de un impacto de la fase climática El Niño o La Niña sobre las precipitaciones.

En la segunda etapa considera que las condiciones climáticas serán alteradas por la aparición de un evento climático Niño o Niña y por consiguiente los rendimientos de los cultivos se verán afectados por lo que, si se dispone de un pronóstico de ocurrencia de eventos anómalos en el Pacífico Ecuatorial y se conocen las tendencias climáticas asociadas a cada uno de ellos en la región de interés, se estará en condiciones de prever mayores o menores niveles de riesgo.

Se analizaron series históricas de rendimientos agrícolas a nivel departamental de los cultivos: maíz, soja, girasol, trigo, sorgo y algodón, (período de análisis las campañas 1980-1981 a campaña 2009-2010).

Para cada uno de los departamentos se calcularon los rendimientos y se ajustó una función de tendencia (T) por el método de mínimos cuadrados ordinarios obteniendo valores de rendimiento esperado para cada una de las campañas, o rendimiento tendencia (RT). Luego se calcularon las diferencias entre los rendimientos de cada campaña (R) y los rendimientos tendencia (RT) denominados como “diferencia” (DIF). Esta diferencia positiva cuando se obtuvieron rindes mayores que la tendencia o negativa cuando se obtuvieron rindes menores que la tendencia, se evalúa como porcentaje del rendimiento tendencia.

Al porcentaje (positivo o negativo) lo llamó “apartamiento” (AP): $DIF = R - RT$ $AP = DIF / RT$.

Una vez determinados los “apartamientos” positivos y negativos para cada campaña, estableció; -rendimiento normal-, -rendimiento bajo- o -rendimiento alto- según el cultivo paso seguido analizó la correspondencia entre la clasificación de los rendimientos y la ocurrencia de El Niño o La Niña durante el periodo crítico del cultivo.

Entre la conclusión del análisis de la correspondencia entre la clasificación de los rendimientos agrícolas y la ocurrencia del fenómeno El Niño o La Niña durante el período crítico del cultivo en consideración, surge la cantidad de casos que

corresponden a cada una de las categorías elegidas (rindes Altos; Normales a altos; Normales; Normales a bajos; Bajos; Indefinidos).

Para citar un ejemplo, para los “apartamientos” de los rindes de un cultivo determinado, en campañas donde se presentaba El Niño puede haberse evidenciado que predominan los rindes altos, o bajos, etc.

Dentro del enfoque de la variabilidad climática también se puede mencionar el realizado por Paul Cashin, Kamiar Mohaddes y Mehdi Raissi (2015) *El niño ¿es bueno o malo?* en donde se analizan los efectos macroeconómicos que tiene normalmente el fenómeno El Niño, ocasionando fuertes cambios climatológicos en todo el mundo.

Recuerdan los autores que El Niño de 1997/98, convulsionaron los sistemas mundiales de alimentación, salud, energía y la recuperación tras desastres económicos, por ejemplo, en la producción agrícola, la productividad de la mano de obra, los precios de las materias primas, la salud, los conflictos y el crecimiento económico insume mucho tiempo y teniendo en cuenta esta información consideran que una comprensión cabal de esta relación puede ayudar a los gobiernos a crear instituciones y diseñar apropiadas políticas macroeconómicas y en forma anticipada.

Motivados por la creciente inquietud sobre los efectos climáticos en los precios de las materias primas y la macroeconomía, y teniendo en cuenta también la transmisión a nivel mundial de dichos impactos, examinaron las variaciones a lo largo del tiempo, de ciertos fenómenos relacionados con el clima (sequías, tormentas, huracanes) en lo referente a El Niño entre 1979 y 2013, a fin de determinar su incidencia en el crecimiento, la inflación (debido al elevado peso que tienen los alimentos en la canasta del Índice de Precios al Consumidor), la agricultura, la pesca, la construcción y los precios de la energía y las materias primas no combustibles.

Los resultados obtenidos indican que El Niño tiene un impacto económico fuerte con episodios de gran intensidad y efectos macroeconómicos adversos, pero por otro lado muy diverso en distintas regiones.

En Australia, Chile, India, Indonesia, Japón, Nueva Zelandia y Sudáfrica generalmente causa una breve contracción de la actividad económica; en varios países incluidos en la

muestra se registraron presiones inflacionarias a corto plazo tras los efectos climatológicos del Niño, mientras que los precios de la energía y de las materias primas no combustibles aumentaron en todo el mundo.

Conclusiones: *Australia* El Niño produce veranos secos y calurosos en el sudeste, aumenta la frecuencia e intensidad de incendios, reduce el volumen de exportación de trigo; *Nueva Zelandia* causa sequías en zonas generalmente secas e inundaciones en otras zonas; *India* El Niño generalmente coincide con un monzón débil y temperaturas más altas; *Indonesia* se producen sequías que perjudican la economía y el sector agrícola al elevar el precio mundial del café, el cacao y el aceite de palma; *Chile* el Niño generalmente produce inviernos tormentosos, las fuertes lluvias limitan el acceso a los grandes depósitos de cobre en la cordillera por lo que eleva el precio del metal; *Sudáfrica* el verano es seco y caluroso durante el Niño, con efecto desfavorable para la agricultura; *Japón* aumenta la frecuencia de los tifones y bajará la temperatura durante el verano; *Estados Unidos* el Niño produce un clima húmedo en California favoreciendo cultivos de lima, almendra, aguacate; etc., inviernos más cálidos en el noreste y más lluvia en el sur y reduce la actividad de los tornados en el medio oeste y los huracanes en la costa este; *Canadá* la temperatura aumenta, lo cual aumenta la producción pesquera; *México* un menor número de huracanes en la costa este, pero un mayor número en la costa oeste; *China* el Niño produce un clima seco en el norte y lluvias en el sur.

Otro estudio que toma en cuenta el impacto de la variabilidad climática sobre el sector agrícola es el realizado por Thomasz E., Vilker A., Rondinone G. (2017) donde el objetivo es cuantificar los desvíos negativos de los rindes de la producción de soja en la zona central de Argentina, la que representa el 81% de la producción nacional convirtiéndose en el más importante de los cultivos.

Con base en información anual sobre la cosecha de las áreas y la producción de soja de la provincia de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa se realizaron estimaciones sobre los rendimientos de cada uno de los departamentos de las provincias mencionadas mediante un modelo de tendencia lineal.

Los autores llegaron a la conclusión que dentro de los 17 años analizados las campañas 2008/09 y 2011/12 fueron casos de sequía extrema según los valores del índice de Sequía Palmer. Con las estimaciones realizadas calcularon el valor económico de la pérdida total de ingresos para las cinco provincias sojeras que llegó a u\$s 4.628 millones para el año 2009 y a u\$s 2.324 para el año 2012.

En síntesis dentro de esta sección del plan de tesis, se ha desarrollado un abordaje de los distintos enfoques de la literatura en cuanto al tema cambio climático/variabilidad climática, desde un estudio con datos macroeconómicos del país en cuestión, pasando a una metodología para estimar el valor de las tierras agrarias, bajo el principio económico de que el más importante determinante de los precios de los activos de capital es la expectativa de que su uso en la producción genere futuros ingresos en forma de cuasi rentas, hasta el enfoque de variabilidad climática/eventos climático extremos.

Si bien los autores admiten como concepto medular, que se está produciendo un aumento de temperatura medias tanto máxima como mínima y cambios en el régimen de lluvias pudiendo limitar la productividad de los cultivos, advierten que no en todas las zonas afecta de la misma manera.

Por consiguiente, en el presente trabajo de tesis se evaluará si el evento de variabilidad climática La Niña afecta de manera semejante en ambas subregiones bajo estudio, tomando como base los meses en que se desarrolla el período crítico del cereal aproximadamente desde septiembre a noviembre dependiendo de la fecha de siembra.

Una vez descriptos los distintos enfoques de la literatura sobre el tema en cuestión como guías referenciales, se hace necesario conceptualizar y profundizar temas específicos de relevancia que ocupan un papel preponderante en este proyecto.

3.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

3.2.1 El cambio climático

El cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas y sociales; algunos de sus efectos a largo plazo, según los científicos es que la temperatura global seguirá aumentando en las próximas décadas y que dicho aumento no ha sido, ni será, uniforme o parejo tanto a nivel territorial como nacional y con el tiempo afectarán a los ecosistemas y a la agricultura de los países, presentarán también cambios en los patrones de precipitaciones, que determinarán más sequías y olas de calor (Necco, Carlomagno, Aiello, 2021).

Algunos estudios (véase Adams y otros, 1988) han argumentado que como resultado del cambio climático se tendrían efectos adversos sobre la seguridad alimentaria ya que los rendimientos de algunos cultivos importantes disminuirían al igual que la productividad pecuaria. De igual forma se reduciría la disponibilidad de agua tanto para la agricultura como para el consumo humano (Ordaz, 2010).

Actualmente el cambio climático es indiscutible, esto según lo planteado por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC por sus siglas en inglés), organización internacional líder sobre el tema del cambio climático; O como lo plantea la Agencia de Protección del Ambiente de EE. UU, (EPA por sus siglas en inglés).

El IPCC publicó un Informe Especial sobre el Calentamiento Global de 1.5°C (Special Report on Global Warming of 1.5°C) en el que advirtió que:

si la tasa actual de emisiones de gases de efecto invernadero no se controla, es probable que el calentamiento global alcance los 1.5°C (2.7°F) entre el 2030 y 2052, causando una crisis de gran envergadura. El informe comenta que para prevenir una crisis de ese tipo se necesitará un cambio rápido de la economía global, una de la que no se tienen precedentes históricos. (Special Report on Global Warming of 1.5°C, 2018).

Para el mundo científico, y en las publicaciones existe un amplio consenso de que las temperaturas superficiales globales han aumentado en las décadas más recientes y que la tendencia es causada principalmente por acción de los gases de efecto invernadero producidos por la actividad humana en el planeta tierra.

Las proyecciones a partir de modelos de temperaturas climáticas indican que la temperatura global probablemente, seguirá aumentando durante el siglo XXI, el aumento sería de entre 1.1° C y 2.9° C en el escenario de emisiones más bajo y entre 2.4° C y 6.4° C en el de mayores emisiones (Quinto Reporte del IPCC, 2014).

También se considera que los efectos incluirían clima extremo de ocurrencia más frecuente, lo que se incluyen sequías, olas de calor, huracanes y precipitaciones fuertes, con consecuencias negativas debido a los cambios extremos de temperatura y variaciones fuertes en el rendimiento de las cosechas alrededor del mundo.

Desde la década de 1970, en el este de Argentina, es decir, el Litoral y la Pampa Húmeda, se registró una tendencia hacia precipitaciones extremas más frecuentes, el aumento de las precipitaciones favoreció los rendimientos agrícolas y la extensión de las tierras para cultivos a regiones que hasta no hace mucho eran consideradas semiáridas, por las lluvias más frecuentes (Barros, 2008).

Las proyecciones climáticas mantienen, las tendencias observadas para la primera mitad de este siglo y adicionalmente plantean preocupaciones que deberían ser abordadas por políticas de adaptación, oportunas para la situación.

Como consecuencia de los daños y las bajas que ya están produciendo las olas de calor y los niveles de precipitaciones extremas, la primera adaptación necesaria sería reforzar los sistemas de alerta en forma temprana y la planificación de contingencias para hacer frente a los extremos climáticos cada vez más frecuentes y sus consecuencias (Barros, 2015).

3.2.2 Eventos meteorológicos extremos-variabilidad climática

La variación climática se considera uno de los problemas ambientales más importantes y se define, en forma más general, como un cambio o variación, estable y durable en la distribución de los patrones del clima en periodos de tiempo, que van desde décadas hasta millones de años pudiendo ser un cambio en las condiciones climáticas en promedio, o la distribución en torno a ese promedio y puede estar delimitado a una región específica, como puede abarcar una amplia superficie.

Los eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas tropicales, marejadas intensas, inundaciones y olas de calor), están alcanzando cada vez mayores consideraciones como tal, en gran parte debido a los daños en infraestructura, pérdida de vidas, y los perjuicios económicos que generan cuando estos ocurren.

Muchos de estos fenómenos se pueden considerar normales y ocurren con cierta frecuencia, cuando sucede un evento extremo, la primera mirada es, que está relacionado con el cambio climático, es decir, por el efecto antropogénico³ por el contrario, no siempre es responsable.

Los climatólogos utilizan una herramienta meteorológica denominada simulaciones numéricas⁴, este experimento se repite varias veces para poder así obtener un promedio más robusto del número de inundaciones extremas (tornados, tormentas tropicales, marejadas intensas, olas de calor, etc.) que rondan el planeta de manera natural.

En las ciencias atmosféricas, se han realizado estudios aplicados mayormente a eventos extremos cálidos (olas de calor e incendios forestales) y a eventos relacionados con la sequía, lluvias e inundaciones.

Luke Harrington, un climatólogo de la Universidad de Oxford, en el Reino Unido, abordó el problema desde otro enfoque:

El concepto de "impactos equivalentes", el cual no especifica las consecuencias sociales. Más bien, se centra en cuantificar la distribución desigual del clima extremo en todo el planeta (Harrington,2018).

Harrington analizó los patrones cambiantes de las lluvias torrenciales y el calor extremo diario en las proyecciones climáticas con base en las emisiones de gas de efecto invernadero, después, determinó que tanto calor se requería para que surgiera una clara señal del cambio climático.

*"Quería agrupar cantidades alrededor de la desigualdad de los impactos (...)
Las políticas dedicadas a mitigar el clima se concentran en un umbral mundial,
pero la temperatura promedio del mundo no es una medida muy significativa*

3 Pertenciente o relativo a lo que procede de los seres humanos que, en particular, tiene efectos sobre la naturaleza.

4 Una simulación numérica permite recrear el clima del mundo, pero a diferencia de la realidad, el meteorólogo tiene la capacidad de modificar las condiciones más básicas de este nuevo clima a su antojo. Por ejemplo, en las simulaciones podemos agregar más o menos gases de efecto invernadero, más o menos temperatura de agua de mar, más o menos nubes, etc.

para evaluar lo que podría representar el cambio climático en partes específicas del mundo"(Harrington, 2018).

Los mapas que se obtuvieron mostraron que tan rápido se manifestaron los cambios regionales en los extremos climáticos, en respuesta a los diferentes niveles de calentamiento global.

En síntesis, el cambio climático está asociado a una variación en la temperatura planetaria que es permanente y que requiere del análisis de décadas de registros climáticos para ser verificado, son ciclos de largos períodos que deben ser considerados dentro del “sistema tierra” para poder identificar los factores que podrían hacer cambiar el clima en el planeta mientras que, la variación climática hace referencia a un comportamiento anormal del clima cuya valoración se obtiene mediante la determinación de las diferencias entre el valor de las variables climatológicas y sus valores promedio, que pueden presentarse con cierta frecuencia pero es temporal y transitorio.

Cabe mencionar que las fluctuaciones de las variables climatológicas de sus valores promedios se originan en procesos de interacción de los componentes del sistema climático, por ejemplo, entre los océanos y la atmosfera y por oscilaciones en las radiaciones solares, temas que serán profundizados a continuación.

3.2.3 Señal ENOS

El fenómeno ENOS, (**El Niño - Oscilación del Sur**), es un ciclo oceánico-atmosférico que consiste en un calentamiento anómalo de las aguas superficiales ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical cerca de Australia (GRAFICO 2); El mismo, consta de dos fases, correspondientes a un ciclo del fenómeno: la fase cálida, conocida como El Niño y el fenómeno complementario la fase fría, conocida popularmente como La Niña.

GRAFICO 2

Fenómeno ENOS



FUENTE: Oficina de Riesgo Agropecuario, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Los ciclos antes mencionados tienen un período de duración variable, existe registros que lo llevan de 2 a 15 años, sin embargo, hay que resaltar que dentro de cada una de estas fases pueden registrarse años de sequía o excesos de lluvias en lugares puntuales de las regiones afectadas.

Bajo condiciones normales, llamadas condiciones NEUTRAL o NO-NIÑO los vientos Alisios, soplan del este a oeste, acumulando gran cantidad de agua y calor en la parte occidental de océano, como consecuencia de ello el nivel superficial del mar es aproximadamente medio metro más alto en Indonesia que frente a las costas de Perú y Ecuador con además diferencias de temperatura en cada región.

Este fenómeno océano – atmosférico, ocasiona que, durante el periodo La Niña se produzca el enfriamiento de la temperatura de la superficie del mar sobre el Pacífico ecuatorial, con condiciones más secas y frías respecto a lo normal, mientras que el fenómeno El Niño se caracteriza por aguas inusualmente calientes a lo largo de las costas del océano Pacífico.

Existen institutos internacionales de predicción climática que hacen modelos de simulación del comportamiento del mar y la atmósfera, que permiten predecir la

evolución del sistema con determinadas probabilidades de ocurrencia, sin embargo estos modelos numéricos pronostican condiciones de temperatura del mar, pero no pronostican lluvias o sequías, entonces para establecer relaciones entre variables, y determinar tendencia climática, se hace necesario conocer los impactos regionales que el efecto El Niño o el efecto La Niña suelen ocasionar.

Según el análisis de series climáticas históricas de las últimas décadas, se detectan variaciones significativas en las condiciones climáticas alrededor del mundo, dentro de este contexto de cambio climático se han desarrollado nuevos patrones de fenómenos meteorológicos que son más frecuentes e intensos (ciclones tropicales, huracanes de mayor categoría, sequías extremas, etc.), analizar el fenómeno climático ENOS, que trastoca periódicamente el clima del planeta generado por el calentamiento de las aguas oceánicas, permite obtener datos inteligentes, informes en tiempo real como parte de un sistema integrado de alerta adecuado para la toma de decisiones.

3.2.3.1 Índice de Niño Oceánico

El Oceanic Niño Index (ONI) es el principal referente de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para monitorear el efecto El Niño - La Niña. La NOAA considera que las condiciones del efecto Niño están presentes cuando el Índice de Niño Oceánico es de +0,5 o mayor (aguas anormalmente cálidas), lo que indica que el Océano Pacífico Tropical es significativamente más cálido de lo normal histórico; Las condiciones de Niña se manifiestan cuando el Índice de Niño Oceánico es de -0,5 o menor (aguas anormalmente frías), lo que indica que la región es más fría de la normal histórica.

Para el cálculo del índice de Niño oceánico, los científicos del Climate Prediction Center (CPC) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica calculan la temperatura promedio de la superficie del mar en la región del Pacífico Tropical para cada mes, y luego se promedia con valores del mes anterior y el mes siguiente, posteriormente este último promedio de tres meses se compara con un promedio de 30 años con lo cual la diferencia observada con respecto a la temperatura promedio en la región antes mencionada, ya sea más cálida o más fría, es el valor de ONI para esa temporada de tres meses.

El fenómeno ENSO es en esencia un suceso de variabilidad climática de características espaciales, la variabilidad de los factores climáticos de sus condiciones normales, especialmente en los regímenes de lluvias, en las temperaturas promedio y la humedad relativa, inciden directamente en el normal desarrollo de los cultivos, su productividad y pueden también afectar el cronograma de siembra y consiguientemente el normal desarrollo fenológico de las plantas, los rendimientos y su posterior oferta, que incide en los precios de los productos agropecuarios con consecuencias sobre la rentabilidad del productor, de allí la importancia de abordar el tema de riesgos climáticos ante potenciales impactos desfavorables sobre sistemas naturales, personas y sectores económicos.

3.3 RIESGOS CLIMÁTICOS

El concepto de riesgo climático, dentro del marco de riesgos en general, implica primordialmente la presencia de un acontecimiento natural, que puede ser un evento climático extremo de determinada intensidad y duración acaecida en una región, departamento o partido, pero en absoluto imprevisible por los sistemas climatológicos (en un contexto de alerta temprana). Estos eventos adversos afectan también en general una actividad humana susceptible de ser dañada más precisamente con la posibilidad de pérdidas físicas determinadas por mermas en los volúmenes producidos de los diversos cultivos.

Los sucesos climáticos más usuales en el mundo son:

- Ciclones tropicales.
- Sequías (pueden caracterizarse por su gravedad, duración, localización, y desarrollo cronológico y limitan la disponibilidad de agua superficial o subterránea hasta un punto potencialmente perjudicial).
- Inundaciones, tormentas tropicales o ciclónicas.
- Olas de frío y heladas; Olas de calor.
- Tornados, temporales de viento.

3.4 VULNERABILIDAD

El concepto proviene de La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas (EIRD) donde define vulnerabilidad: como las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza como, impactos a la salud, a la propiedad, a la pérdida de medios de sustento, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Los diversos aspectos de la vulnerabilidad surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

En general se puede definir al riesgo como la probabilidad de que un evento se convierta en desastre, si bien los riesgos pueden reducirse o manejarse tomando medidas para asegurar que las amenazas no se conviertan en daños irreparables, la mayoría de los fenómenos naturales no pueden impedirse, pero si se puede aplicar medidas de prevención y mitigación como parte de la gestión del riesgo para evitar que afecten de manera desproporcionada a las comunidades vulnerables.

Finalmente se tratará los riesgos que enfrenta el sector agropecuario en su conjunto ya que las condiciones climáticas no se pueden modificar, y son las que limitan el cultivo. cuando se producen eventos climáticos extremos que pueden perjudicar un proceso de desarrollo económico-social tanto de una región, distrito o país.

3.5 RIESGO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO

La actividad agropecuaria suele estar caracterizada por una alta variabilidad en las cantidades producidas o riesgo productivo. A diferencia de otras actividades, el productor agropecuario es incapaz de predecir con certeza cuál será el resultado a obtener o la calidad de los cultivos debido entre otros a condicionantes externos como el clima, enfermedades, factores biológicos, etc. (Miguez, 2014).

La actividad agropecuaria está expuesta a una multiplicidad de riesgos que pueden alterar los resultados esperados y la situación económica del productor en primer lugar, por tratarse de una tarea que se realiza a cielo abierto, se encuentra a merced de los fenómenos naturales adversos.

Estos últimos generan incertidumbre en el mercado de bienes agrícolas, aumentando la volatilidad de los precios de los alimentos, así como también causando incertidumbre en las decisiones de política alimentaria a nivel local y global.

En segundo lugar, al igual que otras actividades económicas, está sujeta al riesgo de los mercados, como variaciones en el precio de los productos e insumos, y a cambios de orden comercial como por ejemplo cumplimiento de contratos de compraventa.

Además, la actividad no es ajena a los riesgos provenientes del entorno político, macroeconómico y social, como son el cambio en las reglas del juego, la intervención del Gobierno (regulaciones, manejo del tipo de cambio, permisos de exportación e importación) o conflictos sociales. (Thomasz, E., Casparri, M., 2015).

El riesgo climático en el mundo granero genera incertidumbre en el mercado de bienes agrícolas, aumentando la volatilidad de los precios de los alimentos, así como también causando incertidumbre en las decisiones de política alimentaria a nivel local y global.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó que, para satisfacer la demanda a nivel mundial de alimentos, para el año 2050, se requerirá que la producción actual de alimentos se incremente en aproximadamente un 70 %.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia la importancia de realizar una adecuada gestión del riesgo climático en el sector agrario con el objetivo de disminuir el impacto del clima, y así garantizar una agricultura sostenible.

Hasta aquí se ha abordado la conceptualización de los temas como cultivo de trigos, variedades, riesgo en sus distintas variantes, cambio climático y eventos climáticos extremos, de aquí en adelante los temas descritos serán áreas de estudio, variables y metodologías.

3.6 CONSIDERACIONES TEÓRICAS GENERALES

3.6.1 Producción de trigo

El cultivo agrícola trigo, conocido como campaña fina, es considerado un cultivo de invierno. El crecimiento y desarrollo tiene un rango amplio de temperaturas (Aunque si bien la temperatura óptima de siembra es de 10° C a 20° C, las temperaturas más comunes durante la época de siembra se ubican en el rango de 5° C a 12° C dependiendo del sistema de siembra, convencional o directa también llamada labranzas conservacionistas y la localidad).

Dentro de una región se puede hablar de siembra temprana también llamada de ciclo largo o tardía llamada de ciclo corto, según la fecha de inicio de las labores del campo. El rango de fechas para la siembra oscila entre principio de mayo y principio de julio para cultivares de ciclo largo y entre la segunda quincena de junio y principio de agosto para cultivares de ciclo corto.

En cuanto a los cultivares de ciclo intermedio las fechas se ubican entre las mencionadas para ciclo largos y cortos.

En el momento de decidir la siembra de trigo hay importantes aspectos a considerar que pueden modificar el resultado económico del cultivo, algunos no están bajo el control directo del productor agrícola o del asesor, como por ejemplo la cantidad y frecuencia de las lluvias, con lo que es importante considerar la disponibilidad de agua almacenada en el suelo al momento de la siembra, o como temperaturas bajas o altas o cambios bruscos de temperatura.

3.6.2 Requerimientos edafoclimáticos

3.6.2.1 Temperatura

Si bien la temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo de todos los componentes del trigo en sus distintas etapas vegetativas está entre 10° C y 20° C, lo más importante a considerar es la cantidad de días que transcurren hasta alcanzar una cantidad de temperatura, conocida como integral térmica⁵, es decir la acumulación de los grados días que permite determinar la tasa de crecimiento de las plantas a partir de la temperatura.

La temperatura no debe ser demasiado fría en invierno ni demasiado elevada en primavera ni durante la maduración.

3.6.2.2 Humedad

El rendimiento de la producción triguera está fuertemente influenciado por el agua disponible o agua útil al momento de la siembra (una buena disponibilidad inicial sería un promedio de 170 mm) y las precipitaciones durante los estadios iniciales.

⁵ Un índice fenológico importante es la constante térmica de los cultivos, también denominada como grados día de desarrollo (GDD), unidades calor, grados día, unidades térmicas o integral térmica, es un índice que se utiliza para la planificación agrícola.

En años secos un trigo puede desarrollarse con 300 mm ó 400 mm de lluvia, siempre que la distribución de esta lluvia sea escasa en invierno y abundante en primavera.

3.6.2.3 Suelo

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular.

Los suelos arcillosos⁶, “suelo pesado”, al ser poco permeables, absorben y retienen más agua, conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. El suelo arenoso requiere, abundante lluvia durante la primavera, dada su escasa capacidad de retención son fáciles de trabajar, pero tienen pocas reservas de nutrientes aprovechables por las plantas.

3.6.3 Ciclo vegetativo

En el ciclo vegetativo del trigo se pueden distinguir principalmente tres etapas:

- Período vegetativo, que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.
- Período de reproducción, desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Período de maduración, que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección.

3.6.3.1 Período vegetativo

El periodo de germinación y arraigo del trigo es fundamental para la futura cosecha del grano ya que una vez que se forman las raíces primarias y alguna hoja verde, la planta ya puede alimentarse por sí misma.

Aunque la temperatura óptima de germinación sea de 20° C a 25° C, las semillas pueden germinar en temperaturas que van desde los 3-4° C hasta los 30-32° C.

La humedad en el suelo es una variable clave, por lo que en la siembra debe asegurarse una profundidad adecuada para que la semilla entre en contacto con la humedad de suelo, la falta o el exceso de agua provocan una deficiente imbibición⁷ de la semilla, en

⁶ El suelo arcilloso que se compacta demasiado puede requerir un largo tiempo para restaurarlo a una buena estructura de suelo, pues la calidad húmeda inherente del suelo arcilloso requiere la adición de grandes cantidades de materia orgánica tal como materiales de plantas verdes, excrementos de animales, moho de hojas y compost para mejorar su estructura el suelo permanece saturado mucho después de la primavera y luego de grandes lluvias contienen buenas reservas de nutrientes. Son fértiles.

⁷ hinchamiento de la semilla debido a la entrada de agua. Absorben entre el 30 % y 35 % de su peso en agua.

resumen, la siembra no debe realizarse con menos del 30 % de agua útil en el suelo. Para la decisión de la fecha de siembra se deben tener en cuenta aspectos como heladas tardías, para evitar que estas ocurran cuando el cultivo se encuentra en estadio de inicio del espigazón (período crítico), y los golpes de calor (en este sentido, se asume que cuando la temperatura supera los 32° C, los cultivos de invierno sufren “golpe de calor”, un fenómeno que implica principalmente una reducción en la acumulación de reservas de nutrientes en los granos).

Una importante etapa posterior es el macollado; el tallo del trigo es una caña con nudos y entrenudos, cada nudo tiene una yema que origina una hoja, en esta etapa comienza con la aparición de la primera hoja de macollo y a continuación comienza la fase de encañado dando forma al “tallo verdadero” de la planta (Manual del cultivo de trigo, IPNI, 2017).

3.6.3.2 Período de reproducción

El alargamiento o crecimiento de los entrenudos del tallo ocurre en la fase de encañado, se observa que cada hoja nace a distinta altura en nudos sucesivos. La caña sigue alargándose durante el espigado (etapa que continúa al encañado) y es precisamente en esta fase, cuando la espiga empieza a apuntar entre las hojas, es en este momento cuando comienzan a ser peligrosas las heladas tardías de primavera, así como también la extracción de agua del suelo empieza a ser muy considerable, el proceso continúa hasta el final de la madurez, alcanzando longitudes diferentes según las variedades.

El periodo de "espigado" es el de máxima actividad fisiológica, con una transpiración y una extracción de humedad y alimentos del suelo que llegan al máximo. La cantidad de agua necesaria para transportar a los granos de trigo, las sustancias de reserva, hace que las raíces desequen la tierra con facilidad, por ello el recurso hídrico en esta fase resulta muy importante.

Si bien la creación del rendimiento se va produciendo durante todo el ciclo vegetativo del cultivar, no todas las etapas fenológicas tienen la misma importancia para la definición del rendimiento ante variaciones en la oferta de los distintos recursos. Dentro de los estadios fenológicos: encañazón-espigazón-antesis se encuentra el período crítico para la determinación del rendimiento del trigo (Miralles et al., 2014).

Una de las principales medidas de manejo del cultivo llevada a cabo, es la elección de la fecha de siembra, el productor procura ubicar el período crítico en el mejor ambiente fototermal (alta radiación y moderada temperatura) e hídrico posible, evitando también la ocurrencia de factores adversos como heladas inesperadas, anegamiento o golpes de calor.

3.6.3.3 Período de maduración

Esta etapa inicia la madurez fisiológica y, al momento de la madurez fisiológica, el rendimiento del cultivo ya está determinado. Durante el periodo de maduración tiene lugar el llenado de granos (los granos alcanzan los sucesivos estados de madurez fisiológica) y es cuando la planta toma su color típico de trigo seco, tomando el grano su color definitivo y es en esta fase que los granos tienen que perder humedad para alcanzar la madurez de cosecha (Manual del cultivo de trigo, IPNI, 2017).

3.6.4 Calendario agrícola

La duración de los distintos estadios fenológicos del cultivo del cereal está regulada por tres importantes factores: a) temperatura; b) el fotoperíodo o duración del día en cuanto a horas de luz solar y c) la vernalización o requerimientos de cantidad de horas de frío, conocer de ante mano las respuestas de los cultivos a estas variables ambientales, es de gran importancia, a los efectos de modelizar la adaptabilidad de los distintos cultivares de trigo a las zonas productivas.

Así, en el mercado existen un gran número de empresas semilleras o criaderos que clasifican a las diferentes variedades o genotipos de cultivares en ciclos como: ciclo corto, corto-intermedio, intermedio, intermedio-largo y largo, según sea la duración en días del ciclo vegetativo del trigo y su potencial de rinde, que permiten tener una amplia gama de fechas de siembra y adaptación a las buenas condiciones medioambientales de las localidades productivas.

El productor agrario aprovecha las mejores épocas climáticas de siembra y cosechas para planificar campañas de alto rendimientos, con lo cual establecer un calendario agrícola constituye un marco para la toma de decisiones.

Siembra tardía

Fechas de referencias de siembra tardía

ESTADIOS FENOLÓGICOS						
Fechas aproximadas						
28-jun	jul- agost-sept		10-oct	15-nov		21-nov
			PERÍODO CRÍTICO			
	EMERGENCIA	INICIO DE MACOLLAJE	INICIO DE ENCAÑAZÓN	INICIO DE ESPIGAZÓN	FIN DE ANTESIS	
SIEMBRA						COSECHA
	hasta	hasta	hasta	hasta	hasta	
	INICIO DE MACOLLAJE	INICIO DE ENCAÑAZÓN	INICIO DE ESPIGAZÓN	FIN DE ANTESIS	MADUREZ FISIOLÓGICA	
102 días			35 días			

FUENTE: Elaboración propia por recopilación bibliográfica

Siembra temprana

Fechas de referencias de siembra temprana

ESTADIOS FENOLÓGICOS						
Fechas aproximadas						
1-may	may-jun-jul-agost		4-sep	9-oct		8-nov
			PERÍODO CRÍTICO			
	EMERGENCIA	INICIO DE MACOLLAJE	INICIO DE ENCAÑAZÓN	INICIO DE ESPIGAZÓN	FIN DE ANTESIS	
SIEMBRA						COSECHA
	hasta	hasta	hasta	hasta	hasta	
	INICIO DE MACOLLAJE	INICIO DE ENCAÑAZÓN	INICIO DE ESPIGAZÓN	FIN DE ANTESIS	MADUREZ FISIOLÓGICA	
123 días			35 días			

FUENTE: Elaboración propia por recopilación bibliográfica

3.7 ESCASEZ HÍDRICA - DÉFICIT HÍDRICO - SEQUÍA

En cuanto a problemas en la asignación de recursos hídricos o de disponibilidad hídrica es decir cuando la oferta disponible no alcanza para satisfacer la demanda, se puede, sobre el tema, distinguir tres diferentes conceptos:

3.7.1 Escasez Hídrica

La escasez hídrica es un evento natural y se presenta cuando por ejemplo en algunos ríos su caudal es marcadamente inferior al caudal promedio histórico.

3.7.2 Déficit Hídrico

Se puede definir como aquella situación en la que los recursos hídricos disponibles no alcanzan a satisfacer la demanda.

3.7.3 Sequía

La sequía conceptualmente corresponde a una condición de déficit hídrico suficiente como para perjudicar, en mayor o en menor grado: la vegetación, los animales o la población, la sequía involucra explícitamente, un perjuicio económico y/o social.

Ahora bien, existen varios tipos de sequías, entre las que se pueden mencionar, en cuanto a un conocimiento más detallado de las variables climáticas (Valiente, 2001):

3.7.3.1 Sequías meteorológicas

Dadas por la escasez de precipitaciones ya sea en la forma de lluvia o nieve, basada en datos climáticos que expresan una desviación de las precipitaciones respecto de la media histórica durante un periodo de tiempo y para un área geográfica determinada.

3.7.3.2 Sequías hidrológicas

Dadas por la escasez de caudales o volumen de agua en los ríos, embalses o lagos y puede demorarse durante meses desde el inicio de la escasez pluviométrica.

3.7.3.3 Sequías agrícolas o edáficas

Se produce cuando no hay suficiente humedad en los suelos para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de los estadios del crecimiento.

Así, la sequía agrícola o edáfica, no solo depende de las condiciones meteorológicas sino también de las condiciones biológicas del cultivo y de las características de los suelos.

Si los niveles de humedad en los subsuelos o napas son suficientes para proporcionar agua durante todo el ciclo vegetativo de la planta, mientras dure la sequía meteorológica no llegara a producirse una sequía agrícola.

3.7.3.4 Sequía socioeconómica

Se ocasiona cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños económicos y/o personales a la población de la región afectada por la escasez de lluvias. Por lo general la sequía socioeconómica sucede a la sequía agrícola y su incidencia es más directa en las regiones menos desarrolladas por el peso del sector agrícola en las economías regionales y en la sociedad en torno de la cual desarrollan sus actividades humanas.

Es un evento de interacción entre clima y sociedad. La vulnerabilidad económica a los shocks exógenos o, a los cambios climáticos y las inestabilidades relacionadas, son una gran desventaja estructural para el crecimiento sostenido y la reducción de la pobreza. (Guillamón P., 2011).

CAPÍTULO 4

4.1 AREAS DE ESTUDIO, VARIABLES Y METODOLOGÍA A UTILIZAR

4.1.1 MÉTODOS

El presente trabajo de tesis se desarrollará bajo el enfoque de variabilidad climática ya que es el que más se ajusta al concepto de riesgo, como se dijo en el apartado del estado de arte, ya que el mismo asocia las desviaciones respecto a la tendencia.

Permitiendo analizar variabilidad y de ahí los cambios significativos en los rendimientos agrícolas por anomalías climáticas extremas a través del análisis de series temporales.

A partir de lo enunciado en el párrafo anterior se puede cotejar la afectación de una compleja combinación de factores, teniendo en cuenta que, a pesar de esta complejidad, los rendimientos agrícolas tienden a mantener aumentos generales en el tiempo denominados, rendimientos de tendencia (Tannura et al,2008).

La metodología utilizada en este trabajo estima la tendencia de los rendimientos y estudia la desviación de los mismos, sobre bases empíricas, y paso seguido se estudia si

esas desviaciones pueden explicarse por eventos climáticos extremos (Thomasz et al, 2017).

Se trabajará con dos especificaciones y posteriormente se establecerá cuál de los modelos genera el mejor ajuste estadístico, a saber:

Modelo lineal: $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t$

Modelo logarítmico: $Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_t) + \varepsilon_t$

Donde:

Y_t : variable dependiente.

β_0 : ordenada al origen de la curva de regresión.

β_1 : pendiente de la curva de regresión.

X_t : variable independiente.

ε_t : término de error.

4.2 JUSTIFICACIÓN DEL EMPLEO DE LA TENDENCIA LINEAL EN ANÁLISIS

Con el correr de los años la producción nacional del cereal se fue incrementando debido a una serie de factores concurrentes como ser: aumento de las áreas sembradas, adopción de alternativas tecnológicas o agrobiotecnologías como por ejemplo la aparición de semillas genéticamente modificadas (Las variedades disponibles en el mercado condicionan, el rendimiento alcanzable, la calidad comercial e industrial del grano y a su vez, determinan el manejo agronómico del cultivo), suplementación con nutrientes y fertilizantes en cuanto a cantidad y calidad, la aparición de genotipos resistentes a herbicidas, etcétera.

También por las mejoras en las prácticas agrícolas como el manejo de barbechos y malezas, tratamiento de semillas, gestión de la fecha de siembra, reducción en el espaciamiento entre hileras del cultivo, siembra directa, con lo cual se mejora la captación y acumulación de agua en el perfil, apoyados por la agricultura de precisión, el control integrado de los agentes bióticos.

Por lo expuesto en el anterior párrafo se puede decir que equivaldría a decir que el modelo lineal representa en forma más significativa el efecto constante año tras año de

la tecnología complementada con las buenas prácticas agrícolas, por consiguiente, la variable independiente corresponde a una secuencia temporal, que se incrementa anualmente en una unidad.

4.3 MATERIALES Y PROCEDIMIENTO

Los datos empleados en la elaboración de los modelos aplicados corresponden a series de rendimientos agrícolas (kg/ha) departamentales correspondiente a 51 años, desde 1969/70 hasta 2019/20, obtenidos a partir del sistema de información del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Dichos datos en panel constituirán la base de la población a estudiar, los cuales darán origen al modelo estadístico que mejor ajuste, para la estimación del valor promedio de la variable respuesta.

Posteriormente, se estimarán los valores de rendimientos agrícolas promedios por cada campaña/año de la totalidad de los departamentos o distritos integrantes de la subregión, constituyéndose este valor, en la media condicional (denotado en forma simbólica $E(y/x)$ en virtud de que depende de los valores de la campaña/año tomada como una única entidad o nivel), para esa campaña/año estimado, por consiguiente, en total se obtendrán 51 valores esperados condicionales, que responde a la pregunta ¿Cuál es el valor esperado del rendimiento agrícola de la campaña tal para la subregión IIS?.

Los valores obtenidos anteriormente serán los inputs utilizados para estimar la curva de regresión poblacional (*Así, desde el punto de vista geométrico, una curva de regresión poblacional es tan sólo el lugar geométrico de las medias condicionales de la variable dependiente para los valores fijos de la(s) variable(s) explicativa(s)* (Gujarati et al., 5°ed. p 36)), con sus correspondientes parámetros.

Posteriormente se calcularán las diferencias entre, el rendimiento estimado por la curva/función de regresión poblacional o valor predicho por el modelo estadístico (\hat{Y}) con los valores empíricos observados constituyendo de este modo el conjunto de desviaciones a estudiar.

Como última etapa en cuanto al tratamiento que se le dará a los datos se establecerá como valores umbrales \pm una desviación estándar (en este caso menos una desviación estándar) cuya justificación es la siguiente:

Martignone, R. Enrico, J. Bodrero, M. Andriani, J.- EEA Oliveros INTA, (2010) señalan: Las técnicas de manejo del cultivo más frecuentemente utilizadas, como fechas de siembra, cultivar, espaciamiento y densidades, deben estar definidas en función de la oferta de los recursos y/o necesidades de los cultivos. La falta de asociación correcta entre tecnologías adoptadas y oferta ambiental sería una de las causas que podrían explicar la brecha entre los rendimientos potenciales y los actuales y la gran variabilidad interanual aún en ambientes de alta calidad.

Desde el valor cero hasta, menos una desviación estándar asignada como umbral, se estima que podría considerarse como síntesis de por ejemplo, una incorrecta elección de la variedad de semilla, un mal manejo de malezas, escasa densidad de siembra en los lotes, o el productor optó por hacer una fertilización nitrogenada lo que implica apostar a un mayor valor proteico del grano, no atribuyendo estos valores de menores rendimientos al efecto de anomalías climáticas.

Definido un valor atípico como una observación empírica que parece ser inconsistente con el resto del conjunto de datos, será dicha desviación negativa considerada un evento de carácter extraordinario o shocks exógenos que se convertirá en objetivo de análisis del presente trabajo.

En el siguiente apartado de la metodología empleada se presentan tres ítems: el primero abarca una descripción histórica de la zona del año en cuestión o punto crítico, un segundo ítem que enumera los índices ONI (Oceanic Niño Index) y por último se realiza una descripción climática dadas por los índices de Palmer (Palmer Drought Severity Index (PDSI))⁸ en su labor de monitoreos de extremos hídricos (ver Anexo 4), valores que en una etapa posterior serán cotejados conjuntamente para poder llegar a las conclusiones finales.

⁸ El PDSI fue desarrollado para estimar las condiciones de la humedad edáfica e identificar situaciones de exceso, normalidad o deficiencia hídrica en el perfil del suelo. El procedimiento de cálculo requiere datos de precipitación, evapotranspiración potencial, la capacidad de retención de agua del suelo, etc.; Se basa en el concepto de demanda-suministro de agua o balance hídrico. Elaborado en la Argentina, por el Centro de Relevamientos y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN).

4.4 DESARROLLO TEÓRICO

A escala regional la provincia de Buenos Aires contribuye a la producción nacional de trigo en un 44 %, siendo esta provincia, la de mayor producción dentro del complejo triguero argentino, con lo que eventos meteorológicos extremos pueden afectar el ecosistema donde interactúan los sistemas naturales y sociales.

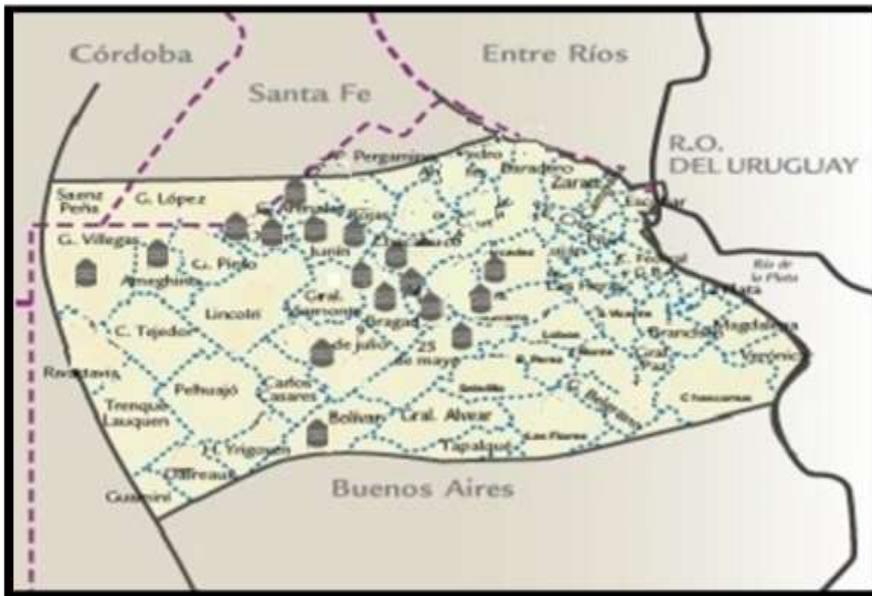
Teniendo en cuenta, este contexto físico, económico, social, el análisis de los efectos de eventos climáticos anormales es de considerable importancia debido a las consecuencias que acarrearán en el lugar de origen y a nivel macroeconómico.

Las áreas bajo estudio de esta tesis serán: la subregión IIS (GRAFICO 3); con localización en el norte de la provincia de Buenos Aires y está compuesta por los departamentos de: Chivilcoy, Bragado, 9 de Julio, Alberti, Rojas, General Pinto, Florentino Ameghino, General Villegas, Leandro N Alen, Lincoln, 25 de Mayo y Bolívar, y la subregión IV (GRAFICO 4) localizada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires y está compuesta por los departamentos de: Balcarce, Necochea, Liberia, General Alvarado, General Madariaga, General Pueyrredón, Rauch, General Lamadrid, Adolfo Gonzales Chávez, Adolfo Gonzales Chávez, San Cayetano, Tandil y Tres Arroyos.

Es menester decir que ambas subregiones son zonas de secano, es decir, son territorios que dependen de las precipitaciones para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

GRAFICO 3

Localización del área de estudio - Subregión IIS



FUENTE: www.trigoargentino.com.ar

GRAFICO 4

Localización del área de estudio - Subregión IV



FUENTE: www.trigoargentino.com.ar

4.5 PARTICULARIDADES DE LA SUBREGIÓN IIS

4.5.1 Caracterización Espacial

La región presenta principalmente actividades ganaderas y agrícolas de rotación y secano (es posible realizar 1 ó 2 cosechas por año combinando un cultivo fino con uno grueso), la región está ubicada en una llanura de escasa pendiente, dentro de la región subhúmeda pampeana

En esta zona el rendimiento se encuentra fuertemente limitado por la disponibilidad de agua durante el ciclo de producción del cultivo, las lluvias de invierno son, en promedio, deficitarias, comúnmente, desde el encañazón (setiembre-principio de octubre) las precipitaciones son escasas resultando, en consecuencia, significativa la contribución del agua almacenada con anterioridad a la siembra del cultivo asociada con una adecuada capacidad de retención por parte de los suelos. Este fenómeno resulta clave para compensar los requerimientos de agua que no son cubiertos por las precipitaciones conjuntamente con otros factores relacionados con el manejo de los suelos condicionados por su textura y espesor (INTA Estación Experimental Agropecuaria General Villegas).

La mayoría de los suelos del noreste de Buenos Aires se caracterizan por tener bajos a medios contenidos de materia orgánica y con moderada capacidad de almacenaje de agua (INTA Estación Experimental Agropecuaria General Villegas); el relieve se extiende sobre una zona deprimida con deficiente evacuación hídrica, abundan sistemas de lagunas y hay muy pocos ríos de gran caudal.

4.6 DESARROLLO ANALÍTICO

Una vez obtenida y recopilada la información se procede a agrupar los rindes agrícolas por campaña/año y localidad a fin de aplicar los instrumentos diseñados en pos de extraer enunciados para el objetivo final.

Posteriormente de agrupar los datos, se procede a calcular los valores promedios condicionales (kg/ha) de cada una de las campañas/años que abarca la población de tal modo que su magnitud refleje el peso específico de la variable rendimiento dentro de una campaña específica. Con los valores obtenidos se realiza un gráfico de dispersión (Gráfico 5) para ratificar la idea de linealidad expresada anteriormente, se calcula la función de regresión (Tabla 3) a saber:

GRÁFICO 5

Gráfico de dispersión de valores promedios condicionales por campaña



FUENTE: Elaboración propia

$$\hat{Y} = 1363,6 + 55,275\text{Camp} \quad R^2 = 0,801 \quad p\text{-valor} < 0,05$$

4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MODELO PREDICTIVO Y LOS DATOS OBSERVADOS

El coeficiente de la pendiente de 1969 a 2019, lo que se podría llamar **propensión marginal tecnológica**, plantea que año tras año la tecnología y las herramientas de manejo de los suelos contribuyen en promedio 55,275 al rendimiento del sistema trigo para la subregión IIS en su conjunto. Por otra parte, los datos obtenidos no son consistentes con la hipótesis nula de $\beta_1 = 0$ por lo que se concluye que la pendiente es significativamente diferente de 0. El R^2 de 0,801 resulta ser un valor alto en consecuencia es una buena medida de la capacidad de predicción del modelo generado. El valor de F de nivel $\alpha = 0,05$ resulta ser grande y positivo y el p-valor $< 0,05$ con lo cual la hipótesis nula- H_0 es falsa concluyendo con que el valor de β_1 es distinto de cero.

A continuación, se calculan las diferencias de los valores de los rendimientos estimados y los valores observados, con las cuales se confecciona el siguiente gráfico:

GRÁFICO 6

Gráfico de diferencias entre los valores de rendimientos estimados y los observados (kg/ha)



FUENTE: Elaboración propia

Sumándoles una desviación estándar a las diferencias calculadas, se confecciona la siguiente tabla, en donde se determinan las campañas con rendimientos negativos, que se convertirán en objetivos de análisis:

Tabla 1: Diferencias del gráfico anterior más una desviación estándar ($\sigma=4607,19$)

<i>Obsevación</i>	<i>CAMPAÑA</i>	<i>Diferencias</i>	<i>Diferencia + σ</i>	<i>Años con rindes negativos</i>
1	1969/70	3475,5	8082,79	
2	1970/71	1306,2	5913,49	
3	1971/72	-1155,1	3452,19	
4	1972/73	4447,6	9054,89	
5	1973/74	960,3	5567,59	
6	1974/75	2308	6915,29	
7	1975/76	397,7	5004,99	
8	1976/77	1099,4	5706,69	
9	1977/78	-4132,9	474,39	
10	1978/79	2191,8	6799,09	
11	1979/80	1179,5	5786,79	
12	1980/81	2809,2	7416,49	
13	1981/82	-678,1	3929,19	
14	1982/83	3650,6	8257,89	
15	1983/84	-2282,7	2324,59	
16	1984/85	3585	8192,29	
17	1985/86	-9666,3	-5059,01	-5059,01
18	1986/87	-3982,6	624,69	
19	1987/88	-5770,9	-1163,61	-1163,61
20	1988/89	-2725,2	1882,09	
21	1989/90	-3437,5	1169,79	
22	1990/91	1045,2	5652,49	
23	1991/92	-21,1	4586,19	
24	1992/93	1571,6	6178,89	
25	1993/94	-4285,7	321,59	
26	1994/95	1845,75	6453,04	
27	1995/96	-1809,28	2798,01	
28	1996/97	2674,7	7281,99	
29	1997/98	-725,32	3881,96	
30	1998/99	3218,65	7825,94	
31	1999/00	2310,63	6917,91	
32	2000/01	-3319,4	1287,89	
33	2001/02	-11317,43	-6710,14	-6710,14
34	2002/03	-10572,45	-5965,16	-5965,16
35	2003/04	619,525	5226,81	
36	2004/05	5511,5	10118,79	
37	2005/06	6603,48	11210,76	
38	2006/07	7795,45	12402,74	
39	2007/08	1487,43	6094,71	
40	2008/09	-5120,6	-513,31	-513,31
41	2009/10	-5726,63	-1119,34	-1119,34
42	2010/11	13060,35	17667,64	
43	2011/12	7055,33	11662,61	
44	2012/13	-7652,7	-3045,41	-3045,41
45	2013/14	339,28	4946,56	
46	2014/15	-267,75	4339,54	
47	2015/16	24,225	4631,51	
48	2016/17	2215,2	6822,49	
49	2017/18	2257,18	6864,46	
50	2018/19	-900,85	3706,44	
51	2019/20	-2199,88	2407,41	

FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICO 7

Gráfico con desviación estándar y rindes empíricos (kg/ha.)



FUENTE: Elaboración propia

Determinados los puntos críticos a analizar, el paso siguiente será describir una reseña de la situación agrícola-económica de cada uno de ellos, analizar con el Oceanic Niño Index (**ONI**) utilizado para monitorear el efecto El Niño - La Niña, tomando para tal efecto los valores del índice correspondiente a los trimestres julio-agosto-septiembre (**JAS**), agosto-septiembre-octubre (**ASO**) y septiembre-octubre-noviembre (**SON**) (ver anexo 3).

Los valores positivos indican efecto Niño (relacionado con precipitaciones) y los valores negativos indican efecto Niña (relacionado con sequías), complementar con el índice de Palmer y analizar en forma conjunta si existe una correlación con la situación imperante ese año, a fin de corroborar la hipótesis del presente trabajo.

4.8 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

4.8.1 Campaña 1985/86

Uno de los eventos de inundaciones más graves se produjo en esos años, no sólo en cuanto a la intensidad sino también a la extensión de los territorios bonaerenses afectados. El exceso de precipitaciones causó el desborde de los ríos Salado, Vallimanca, Saladillo, del río 5° y las lagunas Encadenadas.

ONI: **JAS** -0.4 (fase neutra) **ASO** -0.4 (fase neutra) **SON** -0.3 (fase neutra)

PDSI: Sin datos

4.8.2 Campaña 1987/88

Entre marzo y mayo de 1987 comenzaron a inundarse 22 partidos de la cuenca del Salado correspondiente a la zona triguera analizada, principalmente de la región noroeste, siendo Pehuajó, uno de los departamentos más afectados. En numerosos partidos se declaró la Emergencia Agropecuaria y Zona de Desastre.

Muchos servicios continuaban suspendidos desde la inundación anterior.

ONI: JAS 1.6 (fase niño) **ASO** 1.6 (fase niño) **SON** 1.4 (fase niño)

PDSI: Sin datos

4.8.3 Campaña 2001/02

Se incrementó en 9,4 % la superficie sembrada en la campaña fina 2001/02 pero las lluvias sobre Santa Fe y Entre Ríos, no dejaban de preocupar el escenario climático muy húmedo que dominaba gran parte de la región pampeana, la realidad indicó que disminuyó la producción un 4,2 % respecto de la campaña anterior, obteniendo 15,3 millones de toneladas contra 15,96 m de toneladas del año anterior.

Los excesos de humedad en áreas como las del sur de Santa Fe, Entre Ríos, norte de Buenos Aires, ocasionaron fuertes ataques de fusarium (altamente peligroso por su influencia en la calidad en la caída de los rendimientos agrícolas) y condiciones adversas para su combate, que disminuyó el rendimiento medio del país cayendo un 10,2 %.

A diferencia del sudeste, sur y sudoeste de Buenos Aires, que son zonas altamente trigueras, (las primeras implantaciones se iniciaron en la segunda quincena de mayo, con las variedades de ciclo largo), produjeron elevados rindes amortiguando la caída en los volúmenes de producción del norte de la región pampeana (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 2003).

ONI: JAS -0.1 (fase neutra) **ASO** -0.2 (fase neutra) **SON** -0.2 (fase neutra)

PDSI: Humedad severa a humedad extrema, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de 1,50 a 2.00 correspondiente a humedad severa y valores de 2.00 o superior para humedad extrema.

4.8.4 Campaña 2002/03

En el año 2002 se produce una crisis económica financiera, producida por la salida de la convertibilidad la cual mantenía la paridad peso-dólar, se devaluó el peso y se produjo una incautación de los depósitos bancarios; La demanda interna cayó, aumentó la desocupación el salario real se deterioró considerablemente y hubo bajos niveles de inversión privada y pública.

Las exportaciones cayeron y se produjeron fuertes cambios en los costos de los insumos (presentando una elevada relación gasto-ingreso). La situación se agravó por la ausencia de créditos, indispensable para los productores agropecuarios que provocó un aumento de la incertidumbre y por lo tanto una disminución de las áreas sembradas a nivel nacional.

Desde el punto de vista climático los efectos fueron negativos por las continuas y excesivas lluvias especialmente en el mes de octubre, lo cual favoreció el desarrollo de enfermedades foliares y de la espiga.

ONI: JAS 0.9 (fase niño) ASO 1.0 (fase niño) SON 1.2 (fase niño)

PDSI: Humedad incipiente a humedad moderada, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de 1,00 a 1.50 correspondiente a humedad incipiente y valores de 1.50 a 2,00 correspondiente para humedad moderada.

4.8.5 Campaña 2008/09

En el periodo 2008/09 en la provincia de Buenos Aires hubo una caída notable en la producción, siendo la variable clave que explica esta baja la extrema sequía que sufrió la región. La falta de lluvias se registró en la implantación y el desarrollo del cultivo además de disminuir la superficie sembrada, ocasionando mermas en la producción y en el rendimiento agrícola.

ONI: JAS -0.2 (fase neutra) ASO -0.2 (fase neutra) SON -0.3 (fase neutra)

PDSI: Sequía severa a sequía extrema, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de -1,50 a -2.00 correspondiente a sequía severa y valores de -2,00 o inferior correspondiente para sequía extrema.

4.8.6 Campaña 2009/10

En la campaña 2009/10 el área sembrada en miles de hectáreas en la provincia de Buenos Aires bajo con relación a la campaña anterior en 22% como consecuencia de la sequía que se produjo en la época de siembra (junio-julio). El área cosechada se redujo en un 21% debido al clima adverso que ocasionó que fueran abandonados numerosos lotes producto de la escasa productividad agropecuaria. Escasas precipitaciones en el periodo de siembra produjeron que el área sembrada fuera un 46% de la del año anterior. (Bolsa de Cereales. Número estadístico 2011 e Informe semanal de junio 2009).

ONI: JAS 0.6 (fase niño) **ASO** 0.7 (fase niño) **SON** 1.0 (fase niño)

PDSI: Situación normal – sequía incipiente – sequía severa, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de 0,50 a -0.50 correspondiente a situación normal y valores de -1,00 a -1,50 correspondiente para sequía moderada y valores de -1,50 a -2,00 correspondiente a sequía severa.

4.8.7 Campaña 2012/13

Según la Bolsa de Comercio de Rosario, “El fin de ciclo de la campaña 2012 – 2013 arrojó el siguiente resultado: menor superficie sembrada, menor superficie cosechada y bajos rindes”, debido las restricciones a la comercialización impuestas por el gobierno nacional. Los cupos a las exportaciones⁹ desalientan a los productores a sembrar fundamentalmente porque no tienen garantías de poder vender el cereal a un precio internacional y la baja o nula rentabilidad del cultivo de trigo debido a la alta presión tributaria, precios de las semillas. Esta realidad afectó también al ciclo de rotación, conjuntamente con las anomalías climáticas registradas que incluyeron desde excesos de agua hasta temperaturas extraordinariamente altas en épocas sensibles para el cultivo.

ONI: JAS 0.3 (fase neutra) **ASO** 0.4 (fase neutra) **SON** 0.4 (fase neutra)

PDSI: Humedad excesiva a humedad extrema estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de 1,50 a 2.00 correspondiente a humedad excesiva y valores de 2.00 o superior para humedad extrema.

⁹ Cupos a las exportaciones, es aquel monto o cantidad de ciertas mercancías que se permite exportar en razón de los excedentes de producción agrícolas, se establece con miras a limitar el comercio de exportación de granos. Los permisos que otorga el Gobierno de la provincia de Buenos Aires para exportar comenzaron a implementarse en el año 2008.

4.9 OTROS PUNTOS CRÍTICOS

4.9.1 Sequía histórica 2017/18

Entre diciembre de 2017 y abril de 2018, se produjo una intensa sequía, sin embargo, no afectó al período crítico del cultivo de trigo, perjudicando gravemente a los cultivos extensivos de verano (maíz y soja). Según el Servicio Meteorológico Nacional para la estación meteorológica Junín (nro. 87548): “Las condiciones anormalmente secas comenzaron alrededor de la primera quincena de diciembre de 2017. Aunque, entre ese momento y el regreso a una situación no seca (fines de abril de 2018), esta localidad nunca experimentó una sequía severa o excepcional” (subregión IIS).

Otros datos del mismo organismo dan para la estación meteorológica de Las Flores (nro. 87563) récord de precipitaciones mensuales para septiembre 2017 como se observa en el cuadro siguiente (Gráfico 8).

ONI: JAS -0.1 (fase neutra) **ASO -0.4** (fase neutra) **SON -0.7** (niña débil)

GRÁFICO 8

Cuadro comparativo entre Las Flores (subregión IIS) récord de precipitaciones y Azul (subregión IV).

Récord de precipitación mensual en septiembre 2017			
Localidad	Precipitación acumulada (mm)	Récord anterior (mm)	Periodo de referencia
Las Flores	218.7	163.2 (1967)	1961-2016
Azul	163.0	153.4 (2001)	1961-2016
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional			

Los datos se resumen en el siguiente cuadro:

Campaña	Descripción histórica	Índice de Palmer	ONI	Correlación
1985/86	Inundaciones graves	Sin datos	fase neutra	0
1987/88	Inundaciones graves	Sin Datos	fase niño fuerte	1
2001/02	Muy húmedo	Humedad severa a Extrema	fase neutra	0

2002/03	<i>Lluvias continuas</i>	<i>Humedad incipiente a moderada</i>	<i>fase niño débil</i>	1
2008/09	<i>Extrema sequía</i>	<i>Sequía severa a Extrema</i>	<i>fase neutra</i>	0
2009/10	<i>Sequía</i>	<i>Situac. normal sequia incipi sequia severa</i>	<i>fase niño débil</i>	0
2012/13	<i>Excesos de agua</i>	<i>Humedad Excesiva a extrema</i>	<i>fase neutra</i>	0

4.10 PARTICULARIDADES DE LA SUBREGIÓN IV

4.10.1 Caracterización Espacial

El sudeste bonaerense es la zona triguera por excelencia debido, principalmente, a que es la región de rendimientos más altos con condiciones climáticas favorables para el crecimiento y desarrollo del cereal. Si bien la región presenta buena aptitud productiva, existe variabilidad en lo que respecta a las precipitaciones, temperaturas y a las características del suelo.

Las temperaturas medias mensuales varían entre 12°C y 15°C durante octubre mientras que en noviembre/diciembre, los valores térmicos son un poco más elevados, pero a su vez, en la región existe un alto riesgo de ocurrencia de heladas en fechas cercanas a la espigazón y floración del cultivo del trigo (septiembre, octubre, noviembre), el mismo aumenta desde áreas costeras a las áreas continentales (las localidades de Tandil, Azul y Olavarría presentan el mayor riesgo).

Un estudio publicado como resultado de una investigación de un trabajo interdisciplinario entre los grupos de Microbiología de Suelos y Relación suelo cultivo del INTA, de Microbiología Agrícola del INBIOTEC y el grupo de Producción de Cultivos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA – UNMDP), demostró que los suelos de la región del sudeste bonaerense conservan elevados contenidos de materia orgánica (la materia orgánica y el pH del suelo son indicadores de la productividad del mismo) y que el laboreo pre-cultivo no afecta a los grupos microbianos estudiados.

Aunque se registran precipitaciones durante todo el año estas, son más intensas en otoño y primavera pudiendo producirse déficit hídrico durante el verano. Las precipitaciones disminuyen hacia el sur oeste de 1000 mm a 700 mm anuales, siendo el déficit hídrico potencial, severo, para esta zona en los meses de diciembre a febrero. Los suelos son negros, profundos y ricos en nutrientes con alta tasa de retención.

4.11 DESARROLLO ANALÍTICO

Como en la etapa anterior, obtenida y recopilada la información se procede a agrupar los rindes agrícolas (kg/ha) por campaña/año y localidad a fin de aplicar los instrumentos diseñados para extraer conclusiones para el objetivo final. Se procede a calcular los valores promedios condicionales (kg/ha) de cada una de las campañas/años que abarca la población objeto.

Se realiza un gráfico de dispersión (Gráfico 9) para ratificar la idea de linealidad expresada anteriormente, en la cual exhibe, una tendencia claramente lineal y se calcula la función de regresión (Tabla 4) a saber:

GRÁFICO 9

Gráfico de dispersión de valores promedios condicionales por campaña



FUENTE: Elaboración propia

$$\hat{Y} = 1359,4 + 54,409\text{Camp} \quad R^2 = 0,7577 \quad p\text{-valor} < 0,05$$

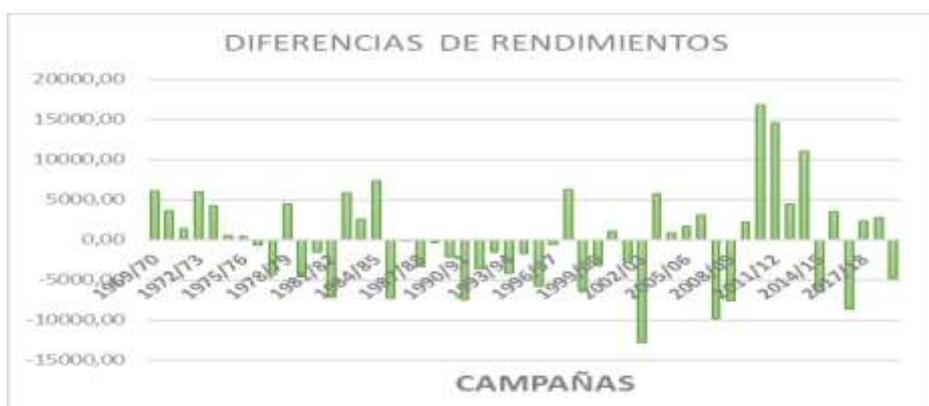
4.12 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MODELO PREDICTIVO Y LOS DATOS OBSERVADOS

El coeficiente de la pendiente de 1969 a 2019, que se podría llamarse **propensión marginal tecnológica**, plantea que año tras año la tecnología y las herramientas de manejo de suelos contribuyen en promedio 54,409 al rendimiento del sistema trigo para la subregión IV en su conjunto; por otra parte, los datos obtenidos no son consistentes con la hipótesis nula de $\beta_1 = 0$ por lo que se concluye que la pendiente es significativamente diferente de 0. Un R^2 de 0,7577 permite afirmar una robusta predicción del modelo (como se puede ver en la tabla 3). El valor de F a un nivel $\alpha=0.05$ resulta ser grande y positivo y p-valor $< 0,05$ permite rechazar la hipótesis nula y afirmar que β_1 es distinto de cero.

Se calculan las diferencias de los valores de rendimientos estimados y los valores observados, con los que se confecciona el siguiente gráfico:

GRÁFICO 10

Gráfico de diferencias entre los valores estimado por función de regresión y rendimientos observados (kg/ha)



FUENTE: Elaboración propia

A las diferencias calculadas se le suma una desviación estándar, y se confecciona la siguiente tabla, en donde se determinan las campañas de rendimientos negativos, que se convertirán en objetivos de análisis:

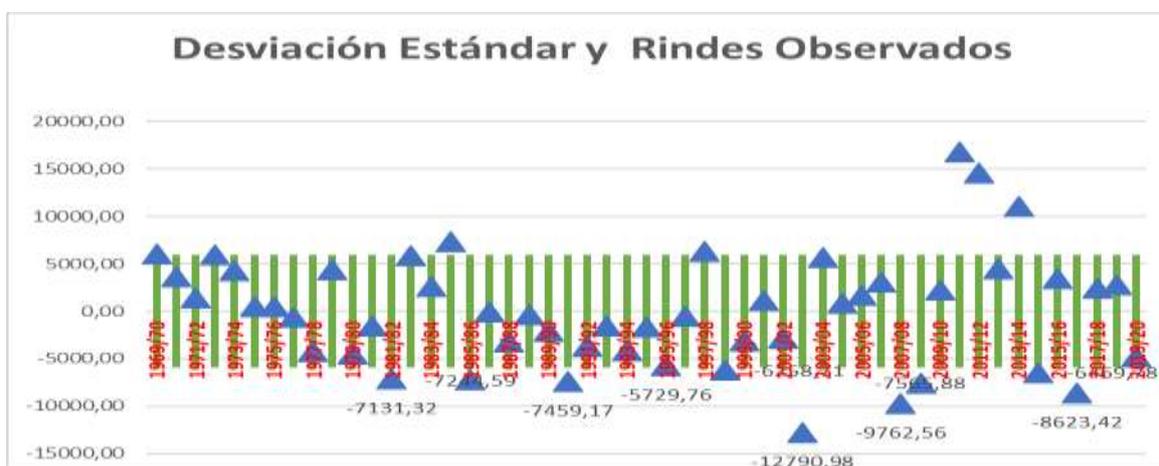
Tabla 2: Diferencias del gráfico anterior más una desviación estándar ($\sigma=5945,82$)

Obsevación	CAMPAÑA	Diferencias	Diferencia + σ	Años con rindes negativos
1	1969/70	6065,48	12011,30	
2	1970/71	3620,17	9565,99	
3	1971/72	1352,85	7298,67	
4	1972/73	5926,53	11872,35	
5	1973/74	4278,22	10224,03	
6	1974/75	478,90	6424,72	
7	1975/76	430,58	6376,40	
8	1976/77	-667,74	5278,08	
9	1977/78	-4302,05	1643,77	
10	1978/79	4393,63	10339,45	
11	1979/80	-4573,69	1372,13	
12	1980/81	-1567,00	4378,82	
13	1981/82	-7131,32	-1185,50	-1185,5
14	1982/83	5860,36	11806,18	
15	1983/84	2551,05	8496,86	
16	1984/85	7281,73	13227,55	
17	1985/86	-7244,59	-1298,77	-1298,77
18	1986/87	-101,91	5843,91	
19	1987/88	-3278,22	2667,60	
20	1988/89	-390,54	5555,28	
21	1989/90	-2115,86	3829,96	
22	1990/91	-7459,17	-1513,35	-1513,35
23	1991/92	-3677,49	2268,33	
24	1992/93	-1547,81	4398,01	
25	1993/94	-4200,13	1745,69	
26	1994/95	-1680,44	4265,38	
27	1995/96	-5729,76	216,06	
28	1996/97	-558,08	5387,74	
29	1997/98	6264,61	12210,43	
30	1998/99	-6258,71	-312,89	-312,89
31	1999/00	-3175,03	2770,79	
32	2000/01	1075,66	7021,48	
33	2001/02	-2837,66	3108,16	
34	2002/03	-12790,98	-6845,16	-6845,16
35	2003/04	5673,71	11619,52	
36	2004/05	836,39	6782,21	
37	2005/06	1668,07	7613,89	
38	2006/07	3104,75	9050,57	
39	2007/08	-9762,56	-3816,74	-3816,74
40	2008/09	-7565,88	-1620,06	-1620,06
41	2009/10	2263,80	8209,62	
42	2010/11	16739,49	22685,31	
43	2011/12	14589,17	20534,99	
44	2012/13	4471,85	10417,67	
45	2013/14	11006,54	16952,35	
46	2014/15	-6469,78	-523,96	-523,96
47	2015/16	3441,90	9387,72	
48	2016/17	-8623,42	-2677,60	-2677,60
49	2017/18	2369,27	8315,09	
50	2018/19	2744,95	8690,77	
51	2019/20	-4791,37	1154,45	

FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICO 11

Gráfico con desviación estándar y rindes empíricos (kg/ha.)



FUENTE: Elaboración propia

Identificados los puntos críticos se describe una reseña de la situación agrícola-económica de cada uno de ellos y se analizan con el Oceanic Niño Index (ONI) utilizado para monitorear el efecto El Niño - La Niña, tomando para tal efecto los valores del índice correspondiente a los trimestres julio-agosto-septiembre (JAS), agosto-septiembre-octubre (ASO) y septiembre-octubre-noviembre (SON) (ver anexo N° 3); Valores positivos indican efecto Niño (relacionado con precipitaciones) y valores negativos indican efecto Niña (relacionado con sequías), complementando con el índice de Palmer para observar si existe una correlación con la situación imperante de ese año, a fin de corroborar la hipótesis del presente trabajo.

4.13 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

4.13.1 Campaña 1981/82

Teniendo en cuenta una perspectiva histórica la respuesta de los Gobiernos Nacionales frente a las crisis económicas fue intervenir en el mercado de los productos del sector agropecuario ya sea por vía de políticas cambiarias, derechos de exportación, cupos o restricciones cuantitativas al comercio exterior de productos agropecuarios

En los años 1981-82 se produce la reinstalación de los derechos de exportación que venían siendo paulatinamente eliminados, hasta su eliminación total en el año 1980 con lo que dio inicio al aumento posterior de dicho gravamen.

ONI: JAS -0.3 (fase neutra) **ASO** -0.2 (fase neutra) **SON** -0.1 (fase neutra)

PDSI: Sin datos

4.13.2 Campaña 1985/86

En el año 1985 se produce el mayor pico en cuanto a carga tributaria de los derechos de exportación en el marco del gobierno de Raúl Alfonsín asociado con las políticas que acompañaron al Plan Austral.

ONI: JAS -0.4 (fase neutra) **ASO** -0.4 (fase neutra) **SON** -0.3 (fase neutra)

PDSI: Sin datos

4.13.3 Campaña 1990/91

En la breve historia de los derechos a la exportación desde 1981 se observan dos picos bien pronunciados, uno descripto en el párrafo anterior y un segundo pico en el año 1990 como consecuencia de la tendencia hacia la hiperinflación que restaba incentivos a los productores para intensificar su producción, entre los años 1989 y 1990.

En el año 1991 el presidente Carlos Menem, decidió como medida dejar sin efecto (aunque solo fueron temporales) las retenciones a las exportaciones que se imponían al trigo, maíz y sorgo.

ONI: JAS 0.3 (fase neutra) **ASO** 0.4 (fase neutra) **SON** 0.3 (fase neutra)

PDSI: Sin datos

4.13.4 Campaña 1998/99

Se produjo una gran sequía desde noviembre de 1998 a febrero de 1999 que afectó el sudeste bonaerense y disminuyeron notoriamente los rendimientos de trigo, girasol, maíz y soja, producto de la combinación del déficit hídrico durante el período crítico de los cultivos, con heladas tardías muy proclive para estos distritos. Los partidos del sudeste bonaerense más afectados fueron: Necochea, Adolfo González Chávez, San Cayetano, Tres Arroyos, Benito Juárez, Tandil, y Balcarce.

ONI: JAS -1.0 (niña fuerte) **ASO** -1.2 (niña fuerte) **SON** -1.2 (niña fuerte)

PDSI: Sin datos

4.13.5 Campaña 2002/03

Como se describió en el caso de la subregión anterior para la campaña 2002/03, en el año 2002 se produce una crisis económica financiera, debido a la salida de la convertibilidad.

Mas allá de los problemas económicos que tuvieron que afrontar los productores por cuestiones entre otros de no disponer de recursos al momento de la siembra, el clima de esta campaña presentó una variada gama de situaciones, pero con predominio de clima lluvioso, con lo que el lavado por lluvia provocó que la fertilización no ejerciera su influencia sobre los rindes agrarios.

ONI: JAS 0.9 (niño débil) **ASO 1.0** (niño moderado) **SON 1.2** (niño moderado)

PDSI: Situación normal a humedad incipiente, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de -0,50 a 0.50 correspondiente a situación normal y valores de 1,00 a 1,50 correspondiente para humedad moderada.

4.13.6 Campaña 2007/08

En el mes de mayo del año 2006, como consecuencia del fuerte aumento de las declaraciones de exportaciones de trigo y con el objetivo de garantizar el abastecimiento del mercado interno se determinó el cierre del registro de exportaciones de este cultivo, decisión que provocó la acentuación de la brecha entre los precios local e internacional del grano

En esta subregión el cultivo se implantó con dificultades por falta de humedad en gran parte del invierno, se registraron escasa precipitaciones (22 mm en el sudeste, 37 mm en la zona de mar y sierras) con lo que los rindes fueron notablemente inferiores, con importantes pérdidas promedio, también se produjeron daños importantes a causa de heladas tardías en los partidos de Azul, Benito Juárez, Tandil, Lobería y Balcarce, y se ha estimado que, aproximadamente, del 10 al 12 % del área se ha visto afectado en un 100% implicando ello, lotes que no fueron cosechados.

ONI: JAS -0.6 (niña moderado) **ASO -0.8** (niña fuerte) **SON -1.1** (niña fuerte)

PDSI: Sequía severa a sequía extrema, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de -1,50 a -2.00 correspondiente a sequía severa y valores de -2,00 o inferior correspondiente para sequía extrema.

4.13.7 Campaña 2008/09

En el periodo 2008/09 en la provincia de Buenos Aires hubo una caída notable en la producción, siendo la variable clave que explica esta baja la extrema sequía que sufrió especialmente el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

La escasez de precipitaciones afectó fuertemente a los partidos del sudeste de la provincia de Buenos Aires –con alta incidencia en la producción nacional– determinando que la caída en la producción en promedio en toda la provincia fuese de 28 % (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 2010).

ONI: JAS -0.2 (fase neutra) **ASO** -0.2 (fase neutra) **SON** -0.3 (fase neutra)

PDSI: Sequía severa a sequía extrema, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de -1,50 a -2.00 correspondiente a sequía severa y valores de -2,00 o inferior correspondiente para sequía extrema.

4.13.8 Campaña 2014/15

En esta campaña, una parte de la superficie sembrada con trigo fue afectada por anegamientos debido a los mayores niveles de precipitaciones de la región que en algunos casos provocaron la pérdida de los cultivos, afectando el rendimiento de aquellas superficies que no pudieron ser cosechada de la campaña fina.

En el 2014 y en base a los datos de precipitaciones de la Chacra Experimental Integrada Barrow¹⁰ que pertenece al INTA, hubo un exceso de 513.1 mm. Si bien las áreas de influencia de las cuales dicha chacra experimental recolecta datos son una parte de los distritos que abarcan la Zona IV resulta una importante muestra para proyectar a la zona de estudio con lo que los datos encuestados por dicho centro experimental revelan que hubo un invierno con abundante lluvia, inusual para la zona, Octubre fue el mes de mayores precipitaciones, en tanto que setiembre se constituyó en el mes de menores lluvias con registros inferiores a los históricos, causa que afectó al cultivo del cereal en su período crítico.

ONI: JAS 0.1 (fase neutra) **ASO** 0.2 (fase neutra) **SON** 0.4 (niño débil)

¹⁰ INTA Barrow: www.inta.gob.ar/barrow.

PDSI: Humedad extrema a humedad excesiva, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de 1,50 a 2.00 correspondiente a humedad excesiva y valores de 2.00 o superior para humedad extrema.

4.13.9 Campaña 2016/17

Al inicio de la campaña fina, la quita de las retenciones al cultivo de trigo y una mejora en los márgenes de rentabilidad, avizoraba un aumento del área sembrada.

De acuerdo a los relevamientos obtenidos por la Chacra Experimental Barrow con relación a las precipitaciones de la zona, hubo un déficit de 118.6 mm respecto al total normal de lluvias para la región. Según dicho organismo hubo un invierno/ primavera seca lo que se constituyó en un estrés hídrico ocurrido durante el período crítico del cultivo del cereal.

ONI: JAS -0.5 (niña débil) ASO -0.6 (niña débil) SON -0.7 (niña débil)

PDSI: Situación normal a sequía moderada, estaría dentro de los valores de referencia para el índice de Palmer de 0,50 a -0.50 correspondiente a situación normal y valores de -1,00 a -1,50 correspondiente para sequía moderada.

4.14 OTROS PUNTOS CRÍTICOS

4.14.1 Sequía histórica 2017/18

Las lluvias, que habían traído serias complicaciones durante el invierno 2017, se cortaron abruptamente en noviembre, y desde ese momento, los registros de precipitaciones están muy por debajo de la media anual, a lo que se suman temperaturas por encima de lo habitual por consiguiente afectaron el cultivo de siembra gruesa (maíz, soja, girasol).

“Según la Bolsa de Cereales, hay más de 13 millones de hectáreas con soja, maíz y girasol en condiciones entre regular y mala, las últimas lluvias fueron insuficientes”.

ONI: JAS -0.1 (fase neutra) ASO -0.4 (fase neutra) SON -0.7 (niña débil)

Los datos se resumen en el siguiente cuadro:

Campaña	Descripción histórica	Índice de Palmer	ONI	Correlación
1981/82	<i>Coyuntura económica</i>	<i>Sin datos</i>	<i>fase neutra</i>	-----
1985/86	<i>Coyuntura económica</i>	<i>Sin datos</i>	<i>fase neutra</i>	-----
1990/91	<i>Coyuntura económica</i>	<i>Sin datos</i>	<i>fase neutra</i>	-----
1998/99	<i>Sequía fuerte</i>	<i>Sin datos</i>	<i>fase niña fuerte</i>	1
2002/03	<i>Lluvias continuas</i>	<i>Situac. normal a humedad incipiente</i>	<i>fase niño moderado</i>	1
2007/08	<i>Sequía fuerte</i>	<i>Sequía severa a extrema</i>	<i>fase niña fuerte</i>	1
2008/09	<i>Extrema sequía</i>	<i>Sequía severa a extrema</i>	<i>fase neutra</i>	0
2014/15	<i>Mayores precipitaciones</i>	<i>Humedad extrema a excesiva</i>	<i>fase neutra niño débil</i>	1
2016/17	<i>Déficit de precipitaciones</i>	<i>Situac. normal sequía moderada</i>	<i>fase niña débil</i>	1

CONCLUSIONES FINALES

Las ramas de la economía más expuesta a las anomalías climáticas son la agricultura y la agropecuaria, cayendo sobre estas los mayores impactos económicos. En lo que respecta a la agricultura, las consecuencias de los efectos climáticos adversos se proyectan en la industria alimenticia, la que se ve involucrada de manera directa ya que una parte considerable de sus materias primas proviene de los cultivos agrícolas.

Sin lugar a duda un cambio climático puede considerarse peligroso cuando amenaza severamente al mundo natural, a las sociedades en su conjunto y a sus economías.

Además, como el cambio climático ya es un hecho real, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, muchos organismos internacionales como el International Research Institute for climate and Society, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y otros se abocan a medir sus efectos.

Los términos cambio climático, datos meteorológicos, variabilidad climática son conceptos que se asimilan en cuanto a su influencia directa en las actividades productivas ganadera/agropecuarias, con riesgos importantes sobre la economía del país.

Según *“Roberto De Ruyver, investigador del Instituto de Clima y Agua del INTA asegura que la variabilidad climática nos afectará más que el cambio climático”*.

En función de lo anterior, se tomó como referente al sector triguero por su importancia en la economía argentina, focalizándolo en la Provincia de Buenos Aires dividida en dos subregiones trigueras y enmarcando el presente trabajo de tesis dentro del enfoque de variabilidad climática descripto más arriba.

Se describió la historia del trigo como cultivo y su presente, posteriormente se mencionan los distintos enfoques en que la literatura científica aborda el tema Cambio Climático y sus efectos en el sector agrícola, con artículos referenciales de varios autores en cuanto al tema relacionado.

Para indagar en esta cuestión, en el presente trabajo de tesis se analizó una serie de cincuenta y un años de rindes de trigo correspondiente a los distintos distritos que componen tanto la subregión IIS como la subregión IV, con dichos valores y teniendo como base un diagrama de dispersión previamente elaborado con los datos recabados, en donde se observaba una clara tendencia lineal.

Luego de lo cual se realiza una regresión lineal, posteriormente se calculan las diferencias entre los valores de rendimientos estimados y los empíricos por distritos, sumándole a dichas diferencias una desviación estándar, obteniendo como resultados las campañas con valores negativos de rindes, las cuales se analizan por separado a saber: para la subregión IIS resultaron campañas negativas 1985/86 -1987/88 -2001/02 - 2002/03 - 2008/09 - 2009/10 - 2012/13 y para la subregión IV: 1981/82 -1985/86 - 1990/91 - 1998/99 - 2002/03 - 2007/08 - 2008/09 - 2014/15 - 2016/17.

Con estos precedentes, se concluye que, en la subregión IIS se rechaza la hipótesis planteada, acerca de que el efecto meteorológico La Niña producirían disminución en los rindes triguero, ya que la disminución en los rindes agrícolas se producen en la fase cálida del efecto El Niño Oscilación del Sur, conocida como El Niño, mientras que para la subregión IV no se rechaza la hipótesis por cuanto bajo año efecto climático Oscilación del Sur No Niño (fase fría Niña) se produjeron efectos negativos en los rindes agrícolas promedio.

En referencia a lo mencionado en los párrafos anteriores, con respecto a los efectos perjudiciales que pueden ocasionar los eventos climáticos extremos tanto al comercio, economía (relaciones de exportación e importación) y/o impactos ambientales, otra de las conclusiones a las que se puede arribarse para la subregión IIS es que la señal ENOS, (El Niño - Oscilación del Sur), no es un buen estimador para prevenir los próximos acontecimientos climáticos.

En vista a estimar un futuro rinde potencialmente negativo, bajo los supuestos de que las fases del Niño, Neutro, Niña no condicen con las características climatológica empíricamente observadas en la región por lo que el productor agrícola debería consultar otros datos para decidir la fecha de la siembra y otros temas relacionados con la actividad.

Esta situación es diferente a lo que ocurre para la subregión IV donde el productor puede tener en cuenta el El Oceanic Niño Index (ONI) para el proceso de toma de decisiones de la campaña del cultivo del cereal.

Otro aspecto importante a tener en cuenta para futuras investigaciones que afecta notoriamente sobre el negocio agrícola es el aspecto impositivo, que según la Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina (FADA) el 59,9 % (informe 06/2021) de lo que produce el productor triguero se lo queda el Estado en impuestos sin tener en cuenta emergencias agropecuarias, por lo que puede existir la posibilidad de decidirse por el cultivo de cebada ya que tiene el mismo calendario agrícola.

Si bien, los científicos que se dedican a la ciencia de la atmosfera aseguran que es más factible predecir la evolución y el comportamiento de la estructura térmica de la superficie marina, ya que existe en la actualidad un mayor conocimiento de la dinámica propia de los océanos y su interacción con la atmosfera, debido al avance tecnológico, queda aún un largo camino por recorrer y muchos recursos que invertir para

implementar políticas gubernamentales y conciencia social ante el tema Cambio Climático/Variabilidad Climática.

REFERENCIAS

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Recuperado en <https://www.noaa.gov>
- Aliaga, V., Ferrelli, F., Alberdi Algañaraz, E., Bohn, V. y Piccolo, M. (2016) *Distribución y Variabilidad de la Precipitación en la Región Pampeana, Argentina*. Cuadernos de Investigación Geográficas. N° 42 (1) pp. 261-280.
- Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Recuperado en <https://www.bolsadecereales.com>
- Bolsa de Cereales de Buenos Aires. (2015). Situación del Mercado de Trigo. Instituto de Estudios Económicos. Recuperado en: <https://www.argenttrigo.org.ar>
- Bolsa de Comercio de Rosario. Precios FOB/FAS Argentina Recuperado en <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/mercado-de-granos/cotizaciones/cotizaciones-locales-1>
- Bolsa de Comercio de Santa Fé. (2013). *Números en rojo para el trigo aún con campo propio*. Centro de Estudios y Servicios.
- Briguglio, L. (2016). *Exposición a choques externos y resiliencia económica de países: evidencia de indicadores globales*. Revista de Estudios Económicos. 43(6):1057-1078 DOI: 10.1108/JES-12-2014-0203.
- Cashin, P., Mohaddes, K., and M. Raissi. 2015. *El Nino ¿Es bueno o malo? El Niño tiene efectos importantes en las economías del mundo, no todos malos*. Retrieved from <https://Dialnet.unirioja.es/revista/10614/V/53>.
- Comtrade de Naciones Unidas. Aplicación Trade Map de International Trade Centre. Retrieved from <https://www.trademap.org/Index.aspx>.
- Deschenes, O., & Greenstone, M. (2006). Los impactos económicos del cambio climático: evidencia de la producción agrícola y fluctuaciones aleatorias en el

clima. *The American Economic Review*, 97(1), 354-385. doi:
10.1257/aer.97.1.354.

Di Yenno, F., Sigauco, D., Terré, E., (2020). *¿En qué regiones está localizada la producción y comercialización de trigo en Argentina?* Recuperado en <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal>

Guillaumont, P. (2011). The concept of structural economic vulnerability and its relevance for the identification of the Least Developed Countries and other purposes (Nature, measurement, and evolution), CDP Background Paper No. 12.

Heinzenknecht, G. (2011). Proyecto riesgo y seguro agropecuario. Oficina de Riesgo Agropecuario. Recuperado en <http://www.ora.gov.ar/informes/enso.pdf>

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI), *Manual del cultivo de trigo*, (2017)

Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/>

International Research Institute for climate and Society. IRI ENSO Forecast (2020). Retrieved from <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>

Lozanoff, J. y Cap, E. (2006). El impacto del cambio sobre la agricultura argentina: Un estudio económico. Buenos Aires. Argentina. Inta.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado en <https://www.sgp.gov.ar>

Miralles, D., González, F., Abeledo, L., Serrago, R., Alzueta, I., García, G., de San Caledonio. R., Lo Valvo, P. (2014) *Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo*, la ed., Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.

Naresh Kumar, S, Aggarwal, P, Swaroopa Rani, D, Saxena, R, Chauhan, N, & S. Jain. 2014. *Vulnerability of wheat production to climate change in India*. CLIMATE RESEARCH. Vol. 59: 173–187. doi: 10.3354/cr01212.

National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA. Recuperado en <https://www.noaa.gov>

- Necco Carlomagno, G., Aiello, J. (2021). Sequías: efecto del cambio climático. Bolsa de Comercio de Rosario. Informativo semanal. 20 de agosto de 2021.
- Oficina de Riesgo Agropecuario. Recuperado en <https://www.ora.gob.ar>
- Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & B. Serna. 2010. Costa Rica: efectos del cambio de la agricultura. CEPAL, México DF.
- Sainz Rosas, H., Echeverría, H., Angelini, H. (2011). Niveles de materia orgánica y ph en suelos agrícolas de la región pampeana y extra pampeana de la Argentina. Informaciones agronómicas N° 2.
- Scarpati, O. y Capriolo, A. (2016) *Sequías agrícolas: recurrencia, clasificación y distribución en la Región Pampeana argentina*. Sequías agrícolas Cuadernos Geográficos 55(1), 6-32.
- Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado en <https://www.smn.gob.ar>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2018) Boletín Climatológico-Boletín de Vigilancia del clima en la Argentina. Anual 2017 Vol. XXIX.
- Tannura, M, Irwin, S, & D. Good. 2008. "El clima, la tecnología y los rendimientos de maíz y soja en el cinturón de maíz de EE. UU." Marketing and Outlook Research Report 2008-01, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, february 2008.
- Thomasz, E., Casparri, M. (2015). Innovaciones Financieras para Adaptación al Riesgo Climático: el caso de las Coberturas basadas en Indices. Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA).
- Thomasz, E., Vilker, A , & G. Rondinone. 2017. The economic cost of extreme and severe droughts in soybean production in Argentina. Recuperado en <https://www.cya.unam.mx/index.php/cya>.
- Trigo Argentino. Recuperado en <https://www.trigoargentino.com.ar>
- U. S. Department of Agriculture. Retrieved from <https://www.nal.usda.gov>
- Valiente, O. (2001) Sequia: Definiciones, Tipología y métodos de cuantificación Departamento de geografía física y análisis geográfico Regional de la Universidad de Barcelona.

Zarrilli, A. (2010). Ecología, capitalismo y desarrollo agrario en la región Pampeana (1890-1950). Un enfoque histórico-ecológico de la cuestión agraria. Recuperado en: www.eumed.net/tesis/2010/agz/.

Tabla 3

<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación	0,894963209				
Coefficiente de determinación	0,800959145				
R ² ajustado	0,796897087				
Error típico	413,7856942				
Observaciones	51				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	33760988,87	33760988,87	197,1806143	8,41034E-19
Residuos	49	8389711,435	171218,6007		
Total	50	42150700,3			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	1363,557291	117,608576	11,59402942	1,18669E-15	
Camp	55,27470588	3,936355674	14,04210149	8,41034E-19	

Tabla 4

<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación	0,870472824				
Coefficiente de determinación	0,757722937				
R ² ajustado	0,752778507				
Error típico	462,014				
Observaciones	51				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	32711834,02	32711834	153,247788	1,0662E-16
Residuos	49	10459399,7	213457,137		
Total	50	43171233,72			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	1359,380754	131,3163672	10,3519522	6,3056E-14	
Camp	54,40907066	4,395155054	12,3793291	1,0662E-16	

Tabla 5

Precipitaciones anuales históricas 2007-2020 (en mm)

Buenos Aires

Año	Azul	Balcarce	Bahía Blanca	Mar del Plata	Tandil	Tres Arroyos
2020	789	885	644	851	827	871
2019	680	844	319	806	777	641
2018	904	1016	614	902	889	714
2017	1064	1341	648	1350	1119	732
2016	789	762	552	1159	994	677
2015	767	672	619	661	855	671
2014	1148	1228	833	1244	1387	1183
2013	753	866	519	831	757	705
2012	1467	1177	533	958	1284	971
2011	866	951	621	815	728	831
2010	693	926	486	960	786	887
2009	856	855	428	713	641	534
2008	613	849	329	571	486	485
2007	731	1103	669	931	661	691

FUENTE: El portal de la papa en Argentina. ARGENPAPA
www.argenpapa.com.ar/clima/lluvias

ANEXO 1

Complejo triguero argentino.



FUENTE: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

ANEXO 2

Principales localidades del complejo triguero argentino.

Sub región	Provincia	Localidades principales
I	Santa fe	Gral Obligado
		9 de Julio
		Vera
		Castellanos
		San Justo
Sub región	Provincia	Localidades principales
IIN	Santa fe	Pergamino
		San Lorenzo
		Rosario
		Constitución
		Marcos Juárez
Sub región	Provincia	Localidades principales
IIS	Buenos Aires	Chivilcoy
		9 de Julio
		General Villegas
		Lincoln
		25 de Mayo
		Bolívar
Sub región	Provincia	Localidades principales
III	Entre Ríos	Concordia
		Gualeguay
		Victoria
		Colón
		Diamante
		Paraná
Sub región	Provincia	Localidades principales
IV	Buenos Aires	Balcarse
		Necochea
		General Pueyrredon
		General Lamadrid
		Tandil
		Tres Arroyos
Sub región	Provincia	Localidades principales
VN	Córdoba	Río Cuarto
		Río Segundo
		General San Martín
		Juárez Celman
		General San Martín
		Río Primero
Sub región	Provincia	Localidades principales
VS	Buenos Aires	Bahía Blanca
		Coronel Suárez
		Puan
	Córdoba Santa fe	Coronel Pringles
		General Roca
		Toay
Sub región	Provincia	Localidades principales
NOA	Salta	Salta
	Tucumán	Obispo Colombes
Sub región	Provincia	Localidades principales
NEA	Chaco	Charata
		Roque S. Peña

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 3

Oceanic Niño Index

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1950	-1.4	-1.2	-1.1	-1.2	-1.1	-0.9	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8
1951	-0.8	-0.6	-0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	0.7	0.6
1952	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
1953	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7
1954	0.7	0.4	0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5
1955	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.4
1956	-0.9	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4
1957	-0.3	0	0.3	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.1	1.2	1.3	1.6
1958	1.7	1.5	1.2	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6
1959	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
1960	-0.1	-0.2	-0.1	0	-0.1	-0.2	0	0.1	0.2	0.1	0	0
1961	0	0	-0.1	0	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1
1964	1.0	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.7	1.8	1.5
1966	1.3	1.0	0.9	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0	-0.1	-0.1	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	0	0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5
1968	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.8
1969	0.9	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7
1970	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.2
1971	-1.3	-1.3	-1.1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8
1972	-0.7	-0.4	0	0.3	0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	1.9
1973	1.7	1.2	0.6	0	-0.4	-0.8	-1.0	-1.2	-1.4	-1.7	-1.9	-1.9
1974	-1.7	-1.5	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.4	-0.6	-0.7	-0.6
1975	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1976	-1.5	-1.1	-0.7	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8

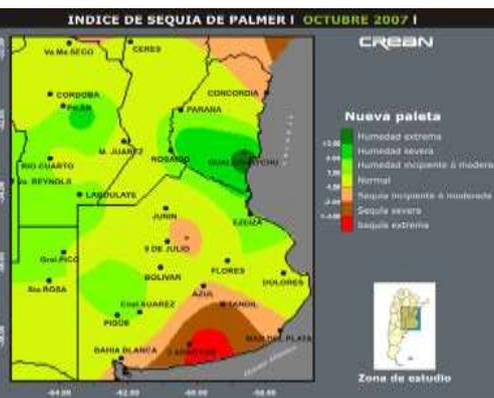
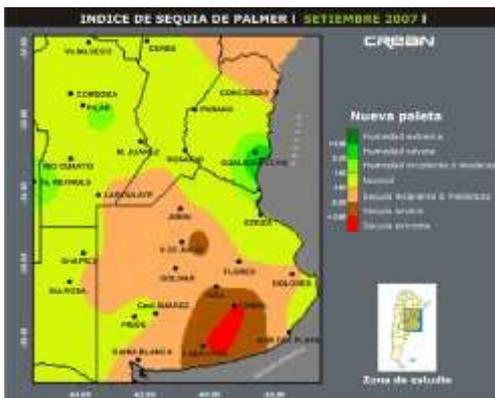
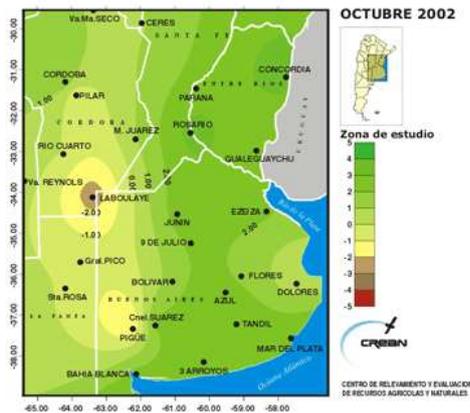
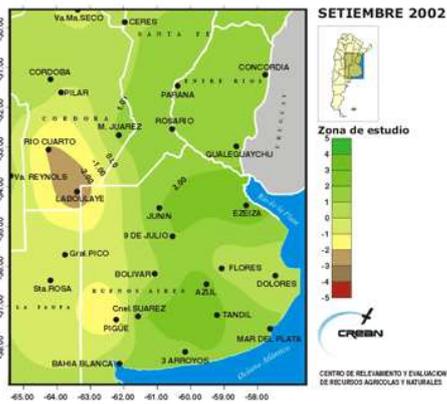
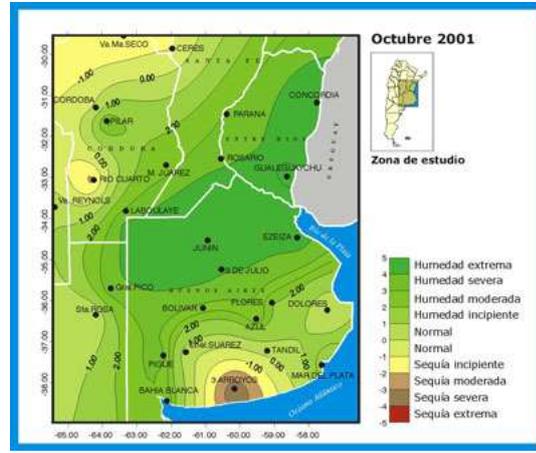
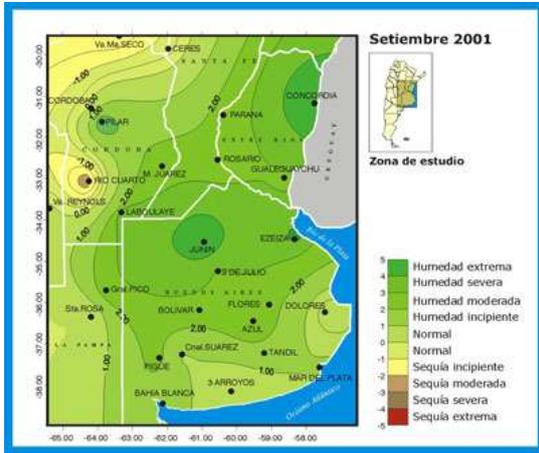
1977	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0
1979	0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0	0.1	0.1	0
1981	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0
1982	0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	1.9	2.1	2.1
1983	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.7	0.3	0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
1986	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.0	1.1
1987	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	1.1	1.4	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.8	-1.2	-1.2	-1.1	-1.2	-1.4	-1.7	-1.8
1989	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.5	0.2	0	-0.1	-0.1	0
1993	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	1.0
1995	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-1.0	-0.9
1996	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.6	1.0	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3	2.3
1998	2.1	1.8	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.7	-1.0	-1.2	-1.2	-1.3	-1.4
1999	-1.4	-1.2	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.6
2000	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0	0	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	0.9	1.0

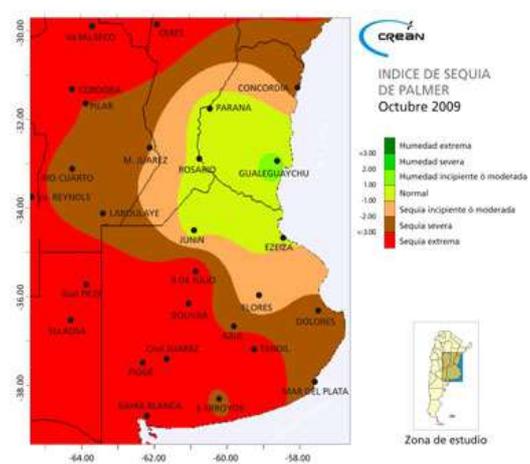
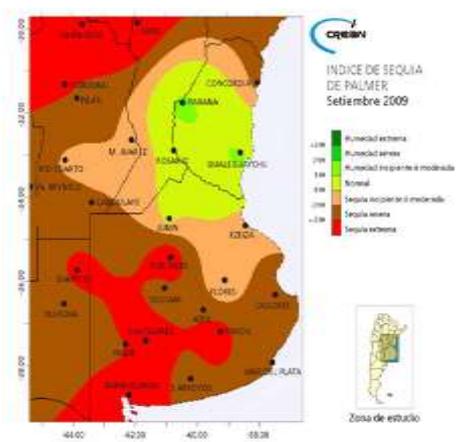
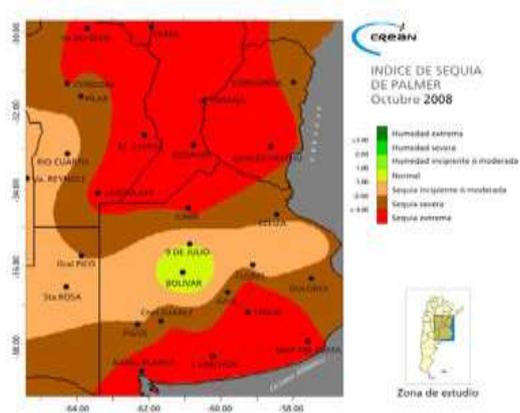
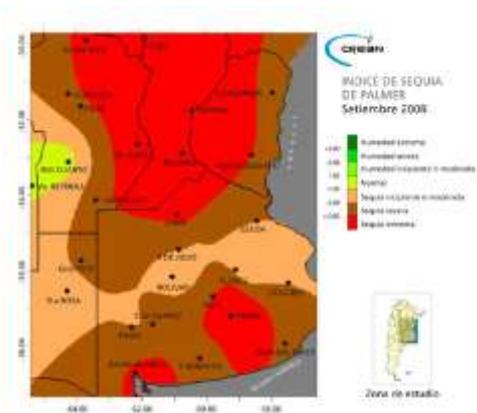
2007	0.7	0.3	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.3
2008	-1.4	-1.3	-1.1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	1.2	1.3
2010	1.3	1.1	0.8	0.5	0	-0.4	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4
2011	-1.3	-1.1	-0.8	-0.6	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8
2012	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.2
2013	-0.4	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.5	-0.6	-0.4	-0.2	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.6
2015	0.5	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.2	2.3
2016	2.2	1.9	1.5	1.1	0.6	0.2						

FUENTE: National Oceanic and Atmospheric Administration – Climate Prediction Center

ANEXO 4

Índice de Palmer – Palmer Drought Severity Index (PDSI)

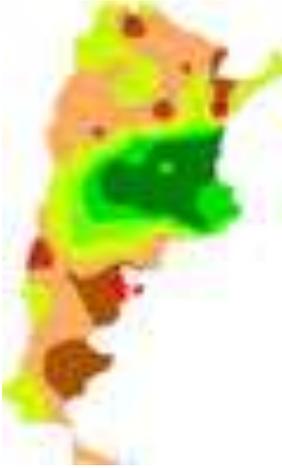




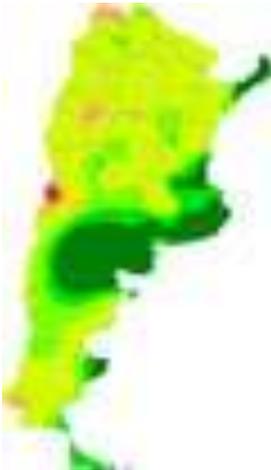
Mapa setiembre 2012



Mapa octubre 2012



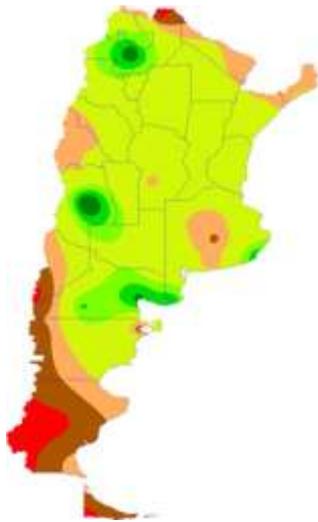
Mapa setiembre 2014



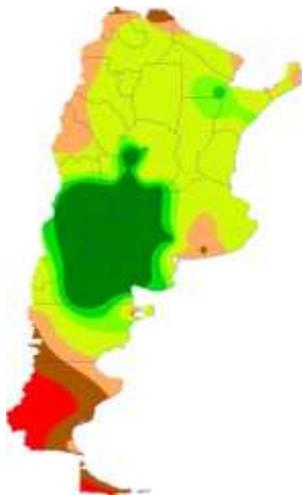
Mapa octubre 2014



Mapa setiembre 2016



Mapa octubre 2016



Referencias

	-2.00 o inferior	Sequía extrema
	-1.50 a -2.00	Sequía severa
	-1.00 a -1.50	Sequía moderada
	0.50 a -0.50	Normal
	1.00 a 1.50	Humedad moderada
	1.50 a 2.00	Humedad excesiva



2.00 o superior Humedad extrema

Fuente: Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícola y Naturales.