



Clarena Patricia Arrieta Arrieta

**Modelo estadístico para la proyección de oferta
de educación superior: 2015-2035**

Dissertação de Mestrado

Disertación presentada al Programa de Pós-Graduação em Metrologia de la PUC-Rio como requisito parcial para la obtención del grado de Mestre em Metrologia.

Orientador: Prof. Reinaldo Castro Souza
Co-Orientador: Prof. Rodrigo Flora Calili

Rio de Janeiro
Abril de 2018



Clarena Patricia Arrieta Arrieta

**Modelo estadístico para la proyección de oferta
de educación superior: 2015-2035**

Disertación presentada al Programa de Pós-graduação em Metrologia de la PUC-Rio como requisito parcial para la obtención del grado de Mestre em Metrologia. Aprovada por la Comisión Examinadora abajo firmantes.

Prof. Reinaldo Castro Souza

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial

PUC-Rio

Prof. Rodrigo Flora Calili

Co-Orientador

Programa de Pós-Graduação em Metrologia

PUC-Rio

Prof. Ana Carolina Letichevsky

Fundação Cesgranrio

Prof. Henrique Sartori De Almeida Prado

Ministério da Educação - MEC

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordinador Setorial de Pós-Graduação do Centro Técnico

Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 19 de Abril de 2018

Todos los derechos reservados. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este trabajo sin autorización de la universidad, del autor y el orientador.

Clarena Patricia Arrieta Arrieta

Graduación en Estadística por la Universidad de Cordoba (Cordoba, Colombia).

Ficha Catalográfica

Arrieta Arrieta, Clarena Patricia

Modelo estadístico para la proyección de oferta de educación superior: 2015-2035 / Clarena Patricia Arrieta Arrieta; orientador: Reinaldo Castro Souza; co-orientador: Rodrigo Flora Calili – 2018.

82 f.: il. color. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Centro Técnico Científico, Programa de Pós-graduação em Metrologia. Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Metrologia – Teses. 2. Metrologia. 3. Métodos de previsão. 4. Modelos de regressão linear. 5. Séries temporais. 6. Educação superior. I. Souza, Reinaldo Castro. II. Calili, Rodrigo Flora. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Centro Técnico Científico. Programa de Pós-Graduação em Metrologia. Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação .IV. Título .

CDD: 389.1

A mi hermana Cleida

Agradecimientos

Primer lugar a Dios por darme todo lo que necesitaba para culminar este trabajo, a mi familia que son mi motor.

A mis orientadores Reinaldo Castro Souza y Rodrigo Flora Calili por darme la oportunidad de trabajar a su lado.

A los miembros de la comisión examinadora, por aceptar evaluar este trabajo y las contribuciones a él realizadas.

Al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq y a la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro PUC-Rio por los auxilios concedidos .

A mi amado esposo Daniel por la permanente motivación y complicidad en este reto.

A Jaime M. Ticona por el valioso tiempo de soporte y edición en LaTeX

A mis profesoras Elisabeth Costa Monteiro y Maria Fatima Ludovico de Almeida.

Por último y no menos importante, a mis secretarias favoritas Paula Molinari y Marcia Ribeiro.

Resumen

Arrieta Arrieta, Clarena Patricia; Souza, Reinaldo Castro (Orientador); Calili, Rodrigo Flora. **Modelo estadístico para la proyección de oferta de educación superior: 2015-2035**. Rio de Janeiro, 2018. 82p. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Según el INEP/MEC, en los últimos 20 años, el número de matrículas de educación superior en Brasil creció más de dos veces, con una tasa de crecimiento anual verificada a partir de 2001 en torno al 5,7 % por año. Según esta institución, en 2008 hubo un ingreso de 1.505.819 nuevos estudiantes en los cursos presenciales, al mismo tiempo que 1.479.318 vacantes no fueron ocupadas, siendo el 54,6 % del total de vacantes ofrecidas por el sector privado. Dado que São Paulo es el mayor estado de Brasil, es muy importante que el Ministerio de Educación tome conocimiento de cómo se dará la dinámica de la oferta de educación superior en los próximos 20 años para que sus acciones (políticas públicas, sobre todo) puedan realizarse con éxito. El objetivo de este trabajo es aplicar modelos estadísticos para estimar la oferta de educación superior del Estado de São Paulo en el período de 2015 a 2035, considerando datos de INEP de educación superior. La motivación para este trabajo es mejorar la planificación de la oferta de curso superior y hacer replicación del modelo predictivo para otros estados de Brasil. La metodología utilizada es modelos estadístico (modelos de regresión lineal) y series tiempo (Holt). Como resultado, se tienen las áreas y/o cursos donde el gobierno federal debe invertir en el futuro mejorando su planificación.

Palabras-clave

Metrología; métodos de predicción; modelos de regresión lineal; series de tiempo; educación superior.

Resumo

Arrieta Arrieta, Clarena Patricia; Souza, Reinaldo Castro (Orientador); Calili, Rodrigo Flora. **Modelo estatístico para a projeção da oferta de ensino superior: 2015-2035**. Rio de Janeiro, 2018. 82p. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós Graduação em Metrologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Segundo o INEP/MEC, nos últimos 20 anos, o número de matrículas da educação superior de graduação no Brasil cresceu mais de duas vezes, com uma taxa de crescimento anual verificada a partir de 2001 em torno de 5,7% ao ano. Ainda segundo esta instituição, em 2008 houve o ingresso de 1.505.819 novos estudantes nos cursos presenciais, ao mesmo tempo em que 1.479.318 vagas não foram ocupadas, sendo que 54,6% do total de vagas ofertadas pelo setor privado. Tendo em conta que São Paulo é o maior estado do Brasil, é muito importante que o Ministério da Educação tome conhecimento de como se dará a dinâmica da oferta de educação superior nos próximos 20 anos para que suas ações (políticas públicas, sobretudo) possam ser realizadas com êxito. O objetivo deste trabalho é aplicar modelagem estatística para estimar a oferta do ensino superior do Estado de São Paulo no período de 2015 a 2035, considerando dados da INEP de educação superior. A motivação para este trabalho é melhorar o planejamento da oferta de curso superior e fazer a replicação do modelo preditivo para outros estados do Brasil. A metodologia usada é modelagem estatística (modelos de regressão linear) e séries temporais (Holt). Como resultado, têm-se as áreas e/os cursos onde o governo federal deve investir no futuro aprimorando seu planejamento.

Palavras-chave

Metrologia; métodos de previsão; modelos de regressão linear; séries temporais; educação superior.

Abstract

Arrieta Arrieta, Clarena Patricia; Souza, Reinaldo Castro (Orientador); Calili, Rodrigo Flora. **Statistical model for predicting the supply of higher education 2015-2035**. Rio de Janeiro, 2018. 82p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

According to INEP/MEC, in the last 20 years, the number of undergraduate higher education enrollments in Brazil has grown more than twice, with an annual growth rate of 5,7% per year since 2001. According to this institution, in 2008 there were 1.505.819 new students enrolled in presential courses, while 1.479.318 vacancies were not filled, with 54.6% of the total number of vacancies offered by the private sector. Given that São Paulo is the largest state in Brazil, it is very important that the Ministry of Education becomes aware of the dynamics of the offer of higher education in the next 20 years so that its actions (mainly public policies) can be successfully executed. The objective of this study is to apply statistical modeling to estimate the offer of higher education in the State of São Paulo in the period from 2015 to 2035, considering data from INEP about higher education. The motivation for this work is to improve the planning of the offer of higher education and to replicate the predictive model for other Brazilian states. The methodology used concerns statistical modeling (linear regression models) and time series (Holt). As a result, it is obtained the areas and/or courses where the federal government should invest in the future, improving its planning.

Keywords

Metrology; forecasting methods; linear regression models; time series; higher education.

Índice

1	Introducción	15
1.1	Contextualización	15
1.2	Planteamiento del problema	18
1.3	Objetivos: general y específico	19
1.4	Motivación	19
1.5	Metodología	20
1.5.1	Fase exploratoria	21
1.5.2	Investigación aplicada	21
1.5.3	Fase conclusión	22
1.6	Estructura de la discusión	22
2	Educación superior	24
2.1	Educación superior en el mundo	24
2.2	Educación superior en Brasil	26
2.2.1	Oferta	27
2.2.2	Demanda	29
2.3	Educación superior en São Paulo	32
2.3.1	Proyección de las áreas estratégicas en el estado de São Paulo	33
2.3.2	Antecedentes en la bibliografía	34
3	Modelos de proyección cuantitativos	36
3.1	Modelos causales	36
3.1.1	Modelos de regresión lineal	36
3.1.2	Estimación de mínimos cuadrados ordinarios de los parámetros (MCO)	37
3.1.3	Coeficiente de determinación R^2	37
3.1.4	Modelo lineal con transformación no lineal de Box-Cox	38
3.1.5	Análisis de correlación	39
3.1.6	Proyección en el modelo lineal simple	40
3.2	Regresión dinámica	40
3.2.1	Proyección de la regresión dinámica	41
3.2.2	Estimación de mínimos cuadrados ordinarios de los parámetros (MCO) para regresión dinámica	41
3.3	Series de tiempo	42
3.3.1	Método Holt	42
4	Modelo conceptual	44
4.1	Selección de las variables	44
4.1.1	Variables explicativas	44
4.1.2	Datos	45
4.2	Métodos aplicados y ajustes	46
4.2.1	Modelo causal oferta en función de la demanda	47
4.2.2	Modelo oferta en función de modelos de regresión dinámica	48

4.2.3	Método de Holt	48
5	Resultados	50
5.1	Áreas de interés	50
5.1.1	Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	50
5.1.2	Ingeniería, Producción y Construcción	55
5.1.3	Salud y Bien-Estar Social	60
5.2	Comparación de los modelos	65
5.2.1	Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	66
5.2.2	Ingeniería, Producción y Construcción	69
5.2.3	Salud y Bien-Estar Social	71
5.3	Discusión de los resultados	74
6	Conclusiones	76
	Referencias bibliográficas	78

Lista de figuras

1.1	Diseño de la investigación, sus componentes y métodos	20
1.2	Mapa conceptual de la investigación	22
2.1	Matrícula bruta global de Educación superior (2009-2020)	25
2.2	Evolución del número de vacantes ofrecidas y IES 1991-2013	27
2.3	Evolución del número de matriculas, concluyentes, ingresos desde 2003-2013	28
2.4	Áreas estratégicas, en São Paulo en el año 2013	29
2.5	Área estratégica de Ingeniería, Producción y Construcción por Unidad Federal	30
2.6	Área estratégica de Salud y Bien-Estar Social por Unidad Federal	31
2.7	Área estratégica de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho por Unidad Federal	32
2.8	Distribución de matrículas por estado y cursos presenciales redes privadas y públicas	33
2.9	Evolución del número de puestos de trabajo por área Estratégica en el Estado de São Paulo en 2018	34
3.1	Diagrama tendencias y correlaciones	40
5.1	Diagrama de dispersión Box-Cox para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	51
5.2	Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	52
5.3	Diagrama de dispersión dinámica para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	53
5.4	Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	54
5.5	Proyección del modelo Holt, para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	55
5.6	Diagrama de dispersión del Modelo Box-Cox para el área de Ingeniería, Producción y Construcción	56
5.7	Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ingeniería, Producción y Construcción	57
5.8	Diagrama de dispersión dinámica para el área de Ingeniería, Producción y Construcción	58
5.9	Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ingeniería, Producción y Construcción	59
5.10	Proyección del modelo Holt para el área Ingeniería, Producción y Construcción	60
5.11	Diagrama de dispersión del modelo Box-Cox para el área de Salud y Bien-Estar Social	61
5.12	Proyección del modelo Box-Cox para el área de Salud y Bien-Estar Social	62

5.13	Diagrama de dispersión del modelo regresión dinámica para el área de Salud y Bien-Estar Social	63
5.14	Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Salud y Bien-Estar Social	64
5.15	Proyección del modelo Holt para el área de Salud y Bien-Estar Social	65
5.16	Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	66
5.17	Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	67
5.18	Proyección del modelo Holt para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	68
5.19	Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ingeniería, Producción y Construcción	69
5.20	Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de área de Ingeniería, Producción y Construcción	70
5.21	Proyección del modelo Holt para el área de Ingeniería, Producción y Construcción	71
5.22	Proyección del modelo Box-Cox para el área de Salud y Bien-Estar Social	72
5.23	Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Salud y Bien-Estar Social	73
5.24	Proyección del modelo Holt para el área de Salud y Bien-Estar Social	74

Lista de tablas

2.1	Áreas estratégicas, en Brasil hasta el año 2013	28
4.1	Relación entre las áreas de interés y las áreas estratégicas	48
5.1	Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) de las áreas de interés	66

Lista de abreviaciones

INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
SEMESP	Sindicato das Mantenedoras de Ensino Superior das Empresas Inovadoras
MEC	Ministério da Educação
IES	Instituições de Ensino Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IESP	Instituto de Estudo Sociais e Políticos
TBM	tasa bruta de matrícula
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural
PROUNI	Programa Universidade para Todos.
FIES	Fundo de financiamento ao estudante do ensino superior
CMES	Conferencia Mundial sobre Educación Superior
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
GINI	Medida de desigualdad social
PIB	Producto Interno Bruto
RAIS	Relação Anual de Informação Social
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
GEA	Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior
INSPER	Instituto de Ensino e Pesquisa
UFs	Unidades Federativas
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus

1

Introducción

En este primer capítulo se exponen las generalidades de la discusión, esto es, el problema que se pretende resolver, los objetivos que se cumplirán en el desarrollo de la discusión, los motivos por los que la tesis es hecha y los métodos que son utilizados, en si, se muestra un panorama general de lo que se va a tratar la discusión.

1.1

Contextualización

En la última década, el debate sobre el futuro de la educación superior ha estado presente en todo el mundo. Entre los temas abordados está el de actualizarse e incluirse en esta nueva realidad, estudiando sus formas de organización y de relacionamiento con sus autores-clave, los cuales en todos los países coinciden en señalar la importancia de la educación como medio fundamental para generar el desarrollo sostenible en las sociedades [1].

Los debates y resultados de las múltiples reuniones internacionales, regionales y nacionales, que desde el año 2000 han reunido a expertos, investigadores, académicos y directivos de las instituciones educativas y de los gobiernos, permiten advertir una preocupación para llevar a cabo las reformas educativas que requieren nuestras sociedades y superar las oposiciones al cambio sustentados en inercias y tradiciones [2], [3].

En esta nueva dinámica, el hecho más sobresaliente se refiere a la expansión del acceso a la educación superior en escala mundial, las matrículas en los niveles de educación superior prácticamente duplicó su tamaño en los últimos 20 años, según datos de la UNESCO [4], los cuales indican que todos los países experimentaron tasas de crecimiento sustanciales en el número de estudiantes en la educación superior. Dicho de otra forma, desde el año 1998 al 2012 el total mundial de efectivos de la educación superior pasó de 51 millones de estudiantes para casi 92 millones, lo que quiere decir, un crecimiento de 41 millones de estudiantes. También es sabido que el ritmo de crecimiento presenta un avance del 71%, o un aumento medio del 4,2% anualmente, eso se viene presentando desde el año 2005 [5].

Este crecimiento, por su parte, no fue homogéneo ya que se presentó un 5,8% en las regiones menos desarrolladas y en las regiones más desarrolladas 2,8%, lo que está indicando un enorme déficit en el acceso a grados más elevados de educación superior; para tener una idea, en varios países la demanda de educación superior supera en mucho la capacidad de atención de los sistemas de educación superior de la población. En China, por ejemplo, el sistema público de educación superior absorbe en matrículas menos del 7% de toda la población que se forma en la educación secundaria [6].

En los países desarrollados, por ejemplo los Estados Unidos, la educación superior en los últimos 20 años ha tenido cambios muy significativos, tanto en la clasificación cuantitativa como en la cualitativa [7], una de las principales características es una transformación de una educación tradicional, basado en cursos de cuatro años y suministrado por instituciones en este caso universidades de la naturaleza pública y privada que predominan desde los años 40.

Brasil, desde 2007 entro en la décima mayor economía del mundo, posee dimensiones de proporciones continentales, es decir, su extensión territorial es de 8,5 millones de kilómetros cuadrados y su población sobrepasa los 207.7 millones de habitantes, que crece con una tasa anual de 1,65%. Dentro de esta realidad se encuentran incluidas las instituciones de educación superior, que forman un sistema complejo y diversificado, en constantes cambios y expansión del sistema de educación superior de Brasil debido a la diversidad de su estructura y organización [8], [9].

Es necesario entender por lo menos el actual contexto de la educación en Brasil, teniéndose en cuenta factores de orden económico, social y cultural, entre otros. En las notas del censo Inep¹ de educación superior 2015 [9] se muestra el contexto actual de educación superior en Brasil el cual esta conformado por 195 universidades, un 53,2% de las matrículas en cursos de graduación están concentrados en las universidades y el 90% de los cursos en las universidades son en la modalidad presencial.

El estado de São Paulo tiene una población estimada en 44 millones de habitantes y está formada por 15 Regiones Administrativas (totalizando 645 municipios), siendo el primer estado brasileño en número de alumnos matriculados en cursos presenciales; tiene en sus 596 instituciones de educación superior el 26,5% de las matrículas en cursos presenciales las cuales tuvieron

¹ El *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep)*, es la entidad encargada del Censo de Educación Superior, el cual es realizado anualmente; Inep es la herramienta de investigación más completa de Brasil sobre las instituciones de educación superior (IES), el cual reúne informaciones sobre sus cursos de graduación presencial, distancia, cursos secuenciales, vacantes ofrecidas, inscripciones, matrículas, ingresados entre otros.

un crecimiento del 4,2%, totalizando 1,72 millones de alumnos matriculados en el año 2014. Otro dato interesante revela que el estado de São Paulo presenta en torno a 6,7 millones de empleados con cartera firmada y con educación media completa y más de 2,9 millones con educación superior completa. La remuneración media por grado de instrucción en el estado, para los profesionales con educación superior completa, se quedó en torno de 5,7 mil reales mensuales en el año 2014.

Teniendo en cuenta que São Paulo es el estado con la mayor economía en Brasil y que es mundialmente conocido por el crecimiento acelerado de la red de educación superior, así como por la pluralidad de instituciones educativas y la diversidad de las áreas del conocimiento transmitido. En un ritmo constante de transformación, notable por el crecimiento de las instituciones, inauguración de nuevas facultades, movimiento de adquisiciones, funciones y el surgimiento de nuevos grupos educativos privados, los datos presentados por la educación superior en el estado revelan apenas el comienzo de lo que se espera del sector. Para satisfacer la demanda, el sector viene invirtiendo en calidad y aumento de la oferta de los cursos de educación superior, haciéndolos cada vez más accesibles a través de la generación de programas de financiamiento estudiantil, así como en la capacitación de sus docentes [10] y [11].

Según el censo de educación superior del 2015 Inep [12], las matrículas por área general que más han crecido en los últimos años son: Ciencias Sociales, Negocios y Derecho; Salud y Bienestar Social; Ingeniería, Producción y Construcción; Educación; Ciencias, Matemáticas y Computación.

Como uno de los objetivos principales de este trabajo es predecir el comportamiento de la oferta en el futuro corto, es una prioridad saber como será la demanda de educación superior; según el informe presentado por el MEC en 2015 de como se dará la dinámica de la demanda de educación superior en los próximos 20 años, para definir la demanda de curso superior en Brasil en particular en el estado de São Paulo es necesario entender como están divididos por algunas áreas estratégicas de la economía en los 27 estados brasileños [13]. De esta forma, se puede inferir que la demanda por los profesionales de educación superior en estas áreas predefinidas puede indicar una tendencia de cómo ocurrirá la demanda por cursos superiores en el futuro. A seguir se muestran las 29 áreas estratégicas, las primeras 19 áreas estratégicas, son presentadas por el plano Brasil mayor [14], [15]:

Automotivo; Petróleo, Gás e Naval; Bens de Capital; TIC e Complexo Eletroeletrônico; Complexo da Saúde; Defesa, Aeronáutico e Espacial; Celulose e Papel; Energias Renováveis; Indústria da Mineração; Metalurgia; Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos HPPC; Indústria Química;

Construção Civil; Couro, Calçados, Têxtil e Confecções, Gemas e Joias; Móveis; Agroindústria; Comércio; Serviços; e Serviços Logísticos; Produção Alimentícia; Geração, Transmissão e Distribuição de Energia; Indústria de Transportes; Outras Indústrias; Hospitalidade e Lazer; Transporte de Passageiros; Serviços Públicos; Educação; Saúde e Social; e Outros serviços.

Para definir la demanda de educación superior fueron utilizados datos del MTE (Ministerio do Trabalho e Emprego), más específicamente de la base RAIS (Relação Anual de Informações Sociais), la cual contiene todos los datos de los puestos de trabajo por código CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas). Para las proyecciones del número de puestos de trabajo con curso superior para los próximos 20 años fueron consideradas las 29 áreas estratégicas y las 27 unidades federativas (UFs). Como hay estados donde no existen algunas áreas estratégicas y teniendo en cuenta que São Paulo tiene todas las áreas estratégicas y un número razonable vacantes por áreas estratégica, este estado se tornaría quizás el más importante o el que nos da más información con respecto a la demanda de educación superior en los próximos años en Brasil.

Por otro lado, el principal objetivo de este trabajo es la proyección de la oferta de educación superior; por la información obtenida del párrafo anterior el estado que sería el universo para la explicación de la oferta de educación superior sería el de São Paulo; donde se consideraran las siguientes áreas de interés: Ciencias Sociales, Negocios y Derecho; Ingeniería, Producción y Construcción; Salud y Bien-Estar Social, las proyecciones son de tipo cuantitativo usando modelos causales (regresión lineal) y series de tiempo método Holt se concluirá con la comparación de la demanda y oferta de educación superior usando para la demanda algunas de las 29 áreas estratégicas mencionadas arriba y para la oferta las áreas de interés presentadas por la Inep.

1.2

Planteamiento del problema

Si se examina como se encuentran divididas las instituciones de educación superior (IES) en Brasil se verifica que gran parte se encuentra en la región Sudeste, hecho que puede ser explicado por el mayor desarrollo económico y mayor densidad demográfica de esta región. Dado que São Paulo es el mayor estado de Brasil, es muy importante que el Ministerio de Educación (MEC) tome conocimiento de cómo se dará la dinámica de la oferta de educación superior en los próximos 20 años para que sus acciones (políticas públicas, sobre todo) puedan realizarse con éxito. Considerando lo fundamental que es saber el presente y el futuro de la educación superior en Brasil, se plantea la

siguiente pregunta la cual será respondida a lo largo de este trabajo: ¿Cuál es la oferta de educación superior en el estado de São Paulo en los próximos 20 años (2015-2035)?.

1.3

Objetivos: general y específico

Buscando dar una contribución de como se dará la Educación superior en el estado de São Paulo, el objetivo de este trabajo es aplicar modelos estadísticos para estimar la oferta de educación superior del Estado de São Paulo en el período de 2015 a 2035, considerando datos de Inep de educación superior y datos del MTE. En términos específicos la discusión busca:

- Identificar las variables relativas a los diversos factores que inciden en la expansión de la oferta de educación superior en el estado de São Paulo;
- Explicar como se relaciona la demanda y oferta según sus tendencias;
- Definir las áreas de interés que sean de interés para el gobierno, con el objetivo de invertir en cursos superiores;
- Describir el enfoque metodológico basado en modelos causales y de series temporales (Holt).

1.4

Motivación

La motivación para este trabajo es mejorar la planificación de la oferta de educación superior a un nivel federal y estatal; la educación superior en Brasil abarca hoy en día un sistema complejo y diversificado de instituciones públicas e privadas con diferentes tipos de cursos y programas, teniendo en cuenta que Brasil es un país que esta en desarrollo y que São Paulo representa el universo en las áreas estratégicas es muy importante saber en cuales de las 29 áreas estratégicas el gobierno podrá invertir en un futuro. Se decidió hacer proyecciones cuantitativas para escoger cual es el mejor modelo para explicar la oferta de educación superior en las áreas estratégicas del estado de São Paulo para así hacer replica de los modelos de proyección para otros estados de Brasil. Los resultados de esta discusión podrán traer beneficios para el Ministerio de Educación (MEC) o para las demás partes interesadas; ya que el modelo adoptado puede ser aplicado a los demás estados brasileños.

1.5

Metodología

En la figura 1.1 muestra la secuencia de la investigación en tres fases: (i) exploratoria y descriptiva; (ii) investigación y aplicada; (iii) conclusión. En primer lugar se hace una revisión en la literatura de modelos existentes de proyecciones de educación superior; en segundo lugar se hacen estudios empíricos de los modelos de proyección de educación en otros países así como también de las variables de interés; incluso la aplicación de este estudio empírico a los datos brasileños, especialmente en el estado de São Paulo, además de las variables que puedan explicar los modelos adoptados, en tercer lugar son organizados los datos los cuales corresponden al Inep y a estudio de la MEC demanda, para las proyecciones utilizando modelos estadísticos adecuados que puedan ser desarrollados. Por fin son discutidos los resultados de los modelos y se elaboran las conclusiones de este trabajo.

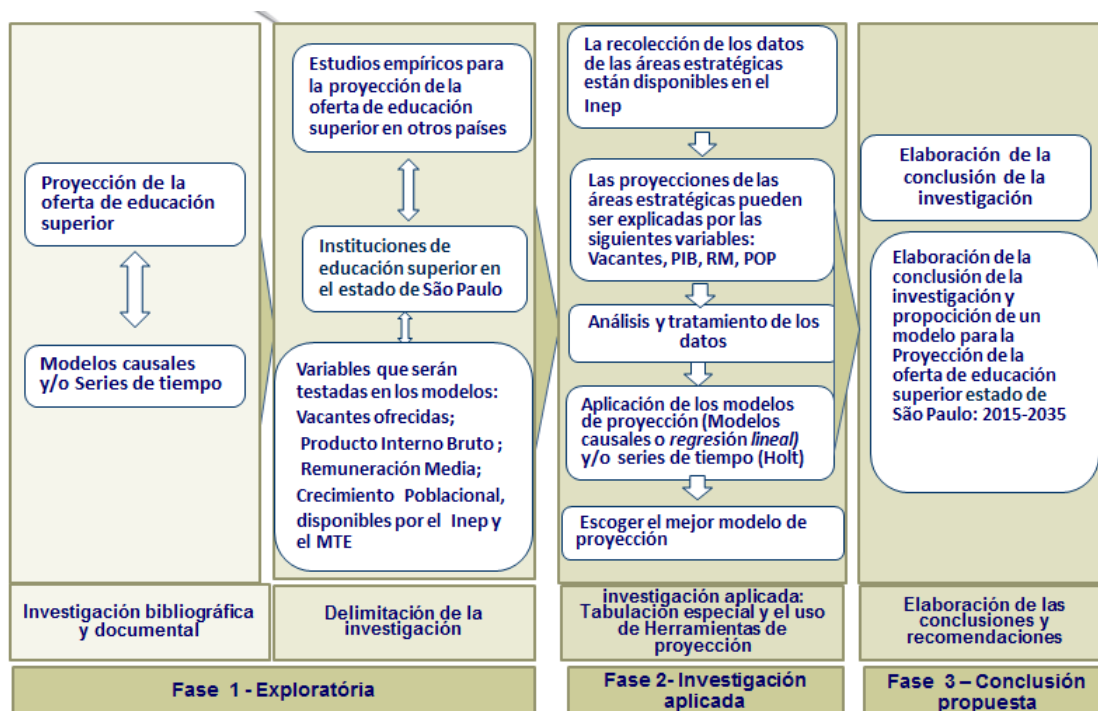


Figura 1.1: Diseño de la investigación, sus componentes y métodos
Fuente: Elaboración propia en curso de Metodología de la investigación.

Siguiendo la estructura de la figura 1.1, dependiendo de sus fines puede ser clasificada como aplicada, metodológica y descriptiva.

- Aplicada, pues es motivada por la necesidad de saber lo que la proyección de oferta de educación superior del estado de *São Paulo* en los próximos 20 años.

- Metodológica, pues se tiene como objetivo proponer modelos causales y de series de tiempo, basándose en técnicas ya existentes (regresión lineal, Holt).
- Descriptiva, ya que se tiene un análisis y tratamiento de los datos de la investigación.

Refiriéndose a los medios de investigación, la metodología es dada como bibliográfica, experimental y documental

- Bibliográfica, dado que se realizan estudios para saber como es la oferta de educación superior a nivel nacional e internacional, encontrados en libros, revistas, periódicos, redes electrónicas.
- Experimental, pues se proponen procedimientos de modelados predicción (modelos causales, Holt).
- Documental, pues se utilizan datos que están disponibles para el público en general, así como se estudia los documentos oficiales disponibles.

1.5.1

Fase exploratoria

En la figura 1.2 se muestra una visión general de los resultados de esta fase exploratoria la cual es iniciada con investigación bibliográfica e documental, representada en un mapa conceptual, donde el tema principal y los específicos considerados en el marco teórico son interconectados para responder a la pregunta principal de la investigación.

En esta fase exploratoria se tiene como objetivo hacer una revisión de la literatura sobre el tema de investigación-educación superior en donde se busca identificar métodos de predicción con la perspectiva de saber como se dará la oferta de educación superior en un futuro.

1.5.2

Investigación aplicada

Teniendo en cuenta la revisión de la literatura sobre el tema, la cual dará un foco de los objetivos de la investigación y un modelo lógico de como se desarrolla la metodología adecuada para el tratamiento de los datos de la fuente (Inep). Lo primero que se hace es un análisis descriptivo de los datos para saber el comportamiento de las variables y observar la correlación de los datos para escoger el mejor modelo el cual servirá para hacer la proyecciones de educación superior.

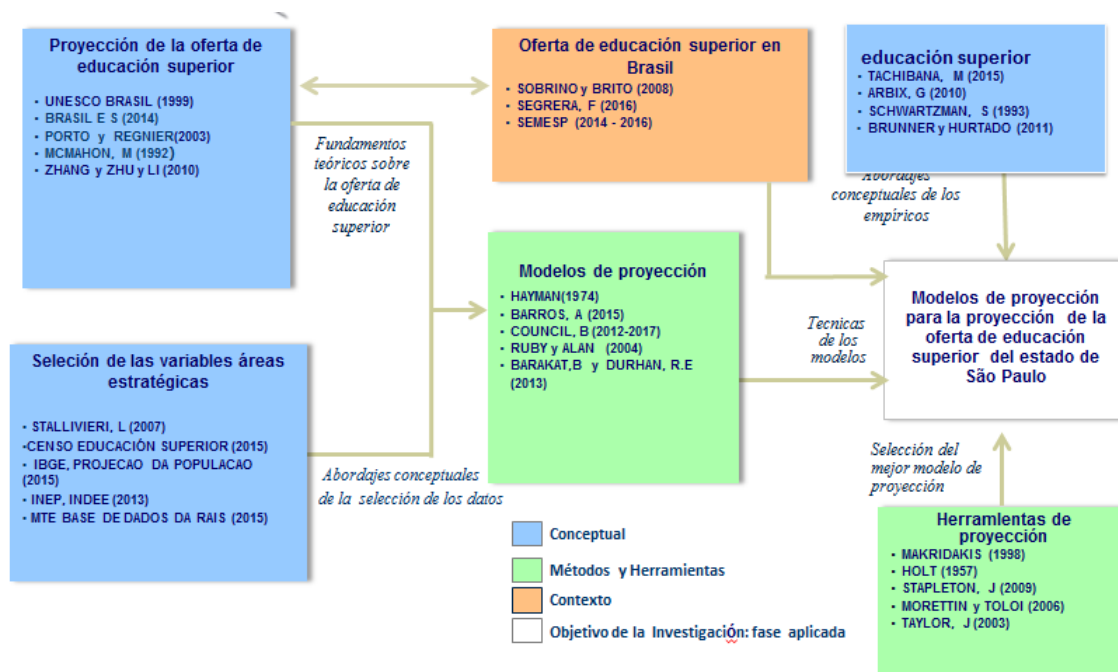


Figura 1.2: Mapa conceptual de la investigación
Fuente: Elaboración propia en curso de Metodología de la investigación.

1.5.3

Fase conclusión

En esta sección se presentan las conclusiones de la investigación donde se definen las áreas estratégicas que son de interés para el gobierno, con el fin de invertir en cursos de educación superior en un futuro.

1.6

Estructura de la discusión

Esta discusión está estructurada en seis capítulos, incluyendo esta introducción. En el capítulo 2 se presenta el marco conceptual sobre educación superior en el ámbito nacional con un énfasis mas profundo en el estado de São Paulo y por último a nivel internacional. También se estudió la oferta y la demanda de educación superior a nivel nacional e internacional, y se dan a conocer las 29 áreas estratégicas que componen la economía de los 27 estados Brasileños.

En el capítulo 3, se presenta la base conceptual de los modelos de proyección cuantitativos; los modelos de regresión utilizados en esta discusión son los modelos de regresión lineal o modelos causales donde se estudia la variable explicativa demanda; en los modelos de regresión lineal múltiple se estudian dos variables explicativas, las cuales serán adoptadas, también se hace un análisis de correlación entre las variables para así escoger el mejor

modelo; y por último el modelo de series de tiempo en este caso Holt, el cual se aplica cuando los datos tienen un comportamiento lineal.

El capítulo 4 contiene la metodología, donde se hace una explicación mas detallada de los datos, las variables escogidas y los métodos de proyección seleccionados.

El capítulo 5 esta compuesto por los resultados donde se dan a conocer las tres áreas de interés seleccionadas por medio de estadísticas descriptivas y gráficos.

En el capítulo 6 se formulan las conclusiones de la decisión, y se dirigen propuestas para estudios futuros, como el desarrollo de estos modelos de regresión para todos los estados de Brasil y profundización de los aspectos relevantes que surgieron de la presente discusión.

2

Educación superior

Establecer el vínculo de lo que el mercado busca en relación a los profesionales de curso superior los cuales son ofrecidos por las instituciones de curso superior, es un desafío tanto estratégico como político. En este capítulo se presentan las principales definiciones utilizadas en esta discusión sobre la educación superior. El contexto internacional y nacional de la demanda y la oferta de educación superior serán evidenciadas.

2.1

Educación superior en el mundo

En lo que se refiere a educación superior en el contexto internacional, según [16] la tasa bruta de matrícula (TBM) a nivel mundial pasó de 13 millones de estudiantes en 1960 a 198 millones en 2013. Según el informe de la UNESCO en 2015 [17], las diferencias regionales y nacionales en tasas de matrícula revelan la desigualdad mundial: 8% en África Subsahariana, 77% en América del Norte y Europa Occidental, 44% en América Latina y el Caribe, 26% en Asia Central, 23% en Asia Occidental y del Sur, 33% en Asia del Este y Pacífico, 28% Estados Árabes, 71% Europa Central y del Este, Según [18], la figura 2.1 nos está describiendo que el alcance del crecimiento de la tasa de matrícula para 2020, cuatro países: China, India, US y Brasil se prevé que representarán más de la mitad de los matriculados de educación superior del mundo. Además, Indonesia, Turquía y Nigeria se convertirán en actores cada vez más importantes en el sector de la educación superior global, mientras Rusia, Irán y Corea del Sur se prevé que bajen todas las acciones del mercado global. Es mas limitada entre los países que ya tienen altos índices de inscripción.

Las proyecciones para las tasas de matrícula de educación superior para algunos países puede ser considerada conservadoras pues la clasificación de países permanece prácticamente inalterado y todavía se espera que existan grandes vacíos entre tasas de inscripción de educación superior en economías avanzadas y economías en desarrollo. Por ejemplo para Brasil se prevé un aumento de la tasa de matrícula del 37% y para India del 23%. Dicho esto

las mejoras en las tasa de matrícula de educación superior no son triviales y parecen plausibles en base a las tendencias pasadas, y están en el supuesto de que no se produzca un cambio mayor en la política educativa [19], [20], [21].

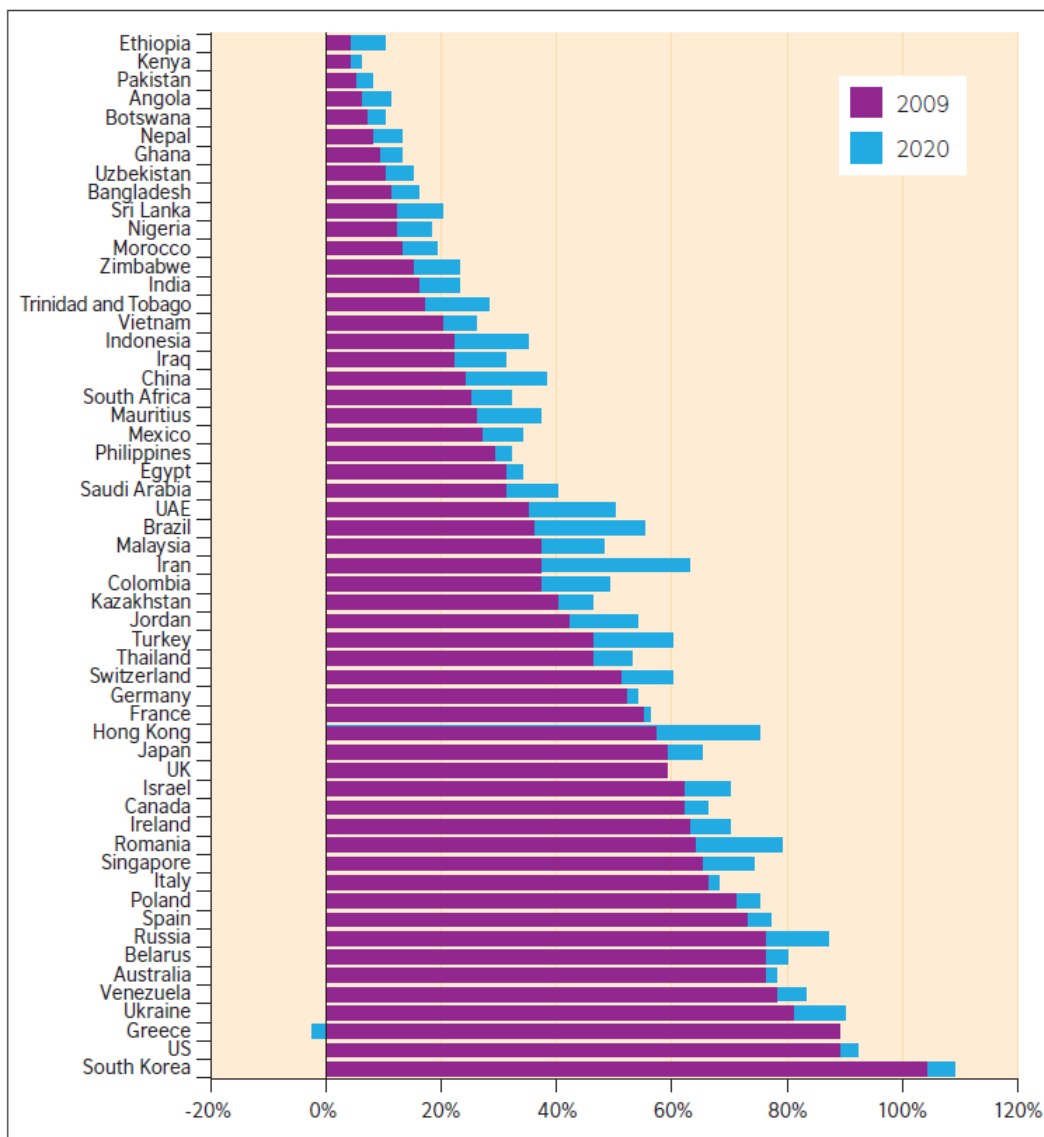


Figura 2.1: Matrícula bruta global de Educación superior (2009-2020) [18]

Fuente: Adaptado de UNESCO (2009)

Wen-Jian *et al.* investigaron la relación entre la estructura socio-económica y educacional de China, verificando el balance entre la demanda y la oferta de educación superior. En este estudio los resultados mostraron un desequilibrio entre oferta y demanda durante los años de 2000 al 2008. Sin embargo, debido a una transformación de política fiscal en ese país y a su mayor desarrollo económico mostraron una mayor eficiencia entre el balance de la oferta y la demanda en los últimos años [22].

Según Francis Gross (1980), la planificación estratégica y académica para

la educación superior exige proyecciones precisas del número de inscritos totales [23]. Rumpf *et al.* muestran un modelo econométrico aplicado a datos de una gran universidad pública americana del estado Massachusetts utilizando datos de alumnos novatos, número de retención, número de inscripciones y número de transferencias [24].

Además, Ghavidel y Jahani desarrollaron un modelo para predecir el número de candidatos de graduación en Irán ('vestibular') durante los periodos de 2012 a 2025 para identificar los factores que afectan la demanda por educación superior en Irán.

Para el modelo de proyección, estos autores utilizaron el método de cohort, regresión estructural y modelos de series de tiempo econométricos. Se puede verificar con los resultados que en Irán la selección de cursos de educación superior es diferente entre hombres y mujeres [25].

2.2

Educación superior en Brasil

Inicialmente se muestra un panorama del país de interés de este estudio en este caso Brasil.

El número de instituciones de educación superior (IES) en Brasil estuvo en constante ascenso en los últimos 13 años, con un crecimiento total del 179,4%, siendo 108,2% en las IES privadas y 71% en las públicas. Sin embargo, en 2013, el sector de la educación de nivel superior decreció cerca del 1% [11]. El sistema de educación superior en Brasil en el año 2015 estaba estructurado por 301 instituciones públicas (federales, estatales y municipales) y 2.090 privadas, totalizando 2.391 instituciones. Las privadas pueden ser sin fines lucrativos, es el caso de las 'comunitarias' y confesionales y con fines de lucro. Las Instituciones de Educación Superior (IES) se organizan como universidades (instituciones complejas y completas, que imparten docencia, extensión, investigación y postgrado, en general involucrando muchos sectores de conocimiento), centros universitarios (sin obligación de hacer investigación), y facultades (colleges). Actualmente, año 2018 un 92% de las IES privadas y públicas del total el cual hoy es de 2.998 instituciones son pequeñas las cuales se dedican solamente a la enseñanza y están orientadas a impartir una rápida titulación a los alumnos, con el objetivo de facilitarles su inserción en el mercado laboral [26].

Según el censo de educación superior realizado anualmente por el Inep, el cual tiene como objetivo mostrar los principales resultados del censo, en 2014 el censo reveló mas de 7.8 millones de matrículas. Esto significó un aumento del 96,5% de 2003 a 2014, por otro lado ingresaron un total de 3.936.933

en 2003. En relación al 2013 el crecimiento fue del 7,1% el mayor índice fue en el 2008. Esto representa un crecimiento del 13,4% entre 2013 y 2014. Como consecuencia de lo anterior en 2014, 32.878 cursos de graduación fueron ofertados en 2.368 instituciones de educación superior en Brasil.

2.2.1 Oferta

Un panorama nacional de la oferta de vacantes ofrecidas en educación superior en los años 1991 a 2013 realizado en el documento Insper 2015[27] muestra en la figura 2.2 que a medida que crecía las IES aumentaban las vacantes ofrecidas consecutivamente, resaltando ese crecimiento entre los años 1998 y 2004, con una tasa media de crecimiento anual del 19%.

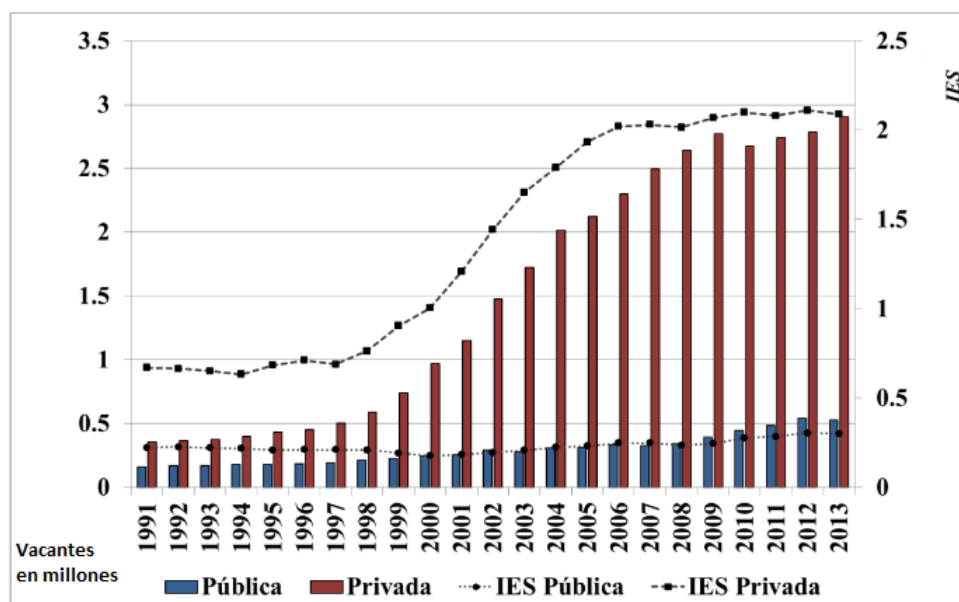


Figura 2.2: Evolución del número de vacantes ofrecidas y IES 1991-2013 [27]
Fuente: Adaptado de Insper (2015).

El proceso de expansión de las matrículas de educación superior en Brasil aumentado en la última década de manera masiva, en cambio el número de concluyentes y ingresos se han mantenido estable como nos muestra la figura 2.3.

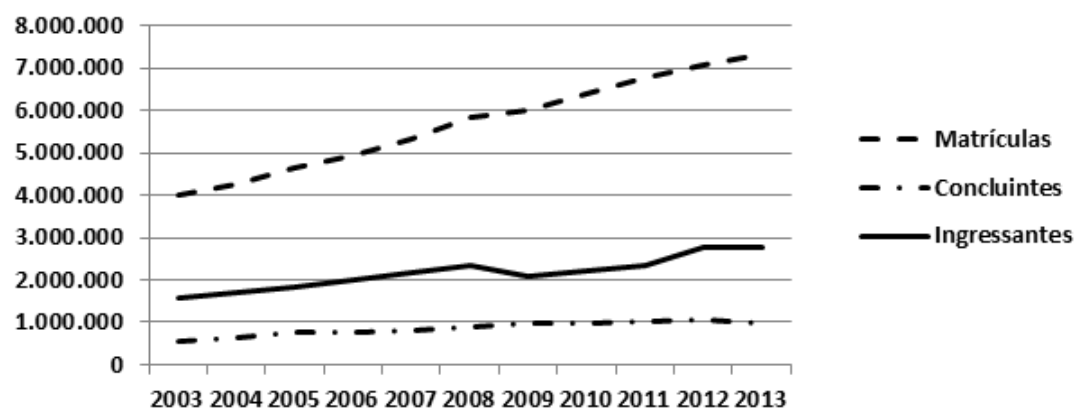


Figura 2.3: Evolución del número de matriculas, concluyentes, ingresos desde 2003-2013

Fuente: Adaptado de Inep (2015).

Según la tabla 2.1, hasta el año 2013 en Brasil las áreas que requerían mayor inversión eran Ciencias Sociales, Negocios y Derechos; Educación; Ingeniería, Producción y Construcción; Salud y Bien-Estar Social entre otras, tienden a ser mayormente atendidas por el sector público.

Tabla 2.1: Áreas estratégicas, en Brasil hasta el año 2013

2ª Área general de cursos	Registro por cada 10 mil habitantes				Ingresos por cada 10 mil habitantes				Concluyentes por cada 10 mil habitantes			
	Brasil 2010	Brasil 2011	Brasil 2012	Brasil 2013	Brasil 2010	Brasil 2011	Brasil 2012	Brasil 2013	Brasil 2010	Brasil 2011	Brasil 2012	Brasil 2013
Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	138,6	143,3	147,1	147,2	47,1	50,3	59,7	56,4	21,6	22,0	23,1	21,8
Educación	70,7	69,4	69,2	68,2	23,7	23,3	24,8	23,6	12,2	12,2	11,3	10,0
Salud y Bien-Estar Social	46,9	47,7	48,8	49,0	14,3	14,3	16,4	17,0	7,5	7,8	8,2	7,0
Ingeniería, Producción y Construcción	33,1	38,9	45,0	50,6	12,3	14,8	19,0	20,0	3,1	3,3	3,8	4,0
Ciencias Matemáticas y Computación	21,8	21,7	21,9	22,0	8,5	8,2	9,1	8,9	2,9	2,9	3,0	2,7
Agricultura y Veterinaria	7,6	8,0	8,4	8,9	2,2	2,3	2,7	2,8	1,0	1,0	1,0	1,0
Humanidades y Arte	7,7	7,9	8,1	8,1	2,8	3,0	3,4	3,3	1,2	1,3	1,4	1,4
Servicios	7,3	7,4	7,8	8,3	3,1	3,4	3,9	4,2	1,0	1,5	1,6	1,4

Fuente: Adaptado de Inep (2015).

Por otro lado en particular el estado de interés en este caso São Paulo, hasta el año 2013 según la figura 2.4 las áreas que requerían mayor inversión eran Ciencias Sociales, Negocios y Derechos con un 40,6%; Educación con un 18,8%; Ingeniería, Producción y Construcción con un 14%; Salud y Bien-Estar Social con un 13% entre otras, tienden a ser mayormente atendidas por el sector público.

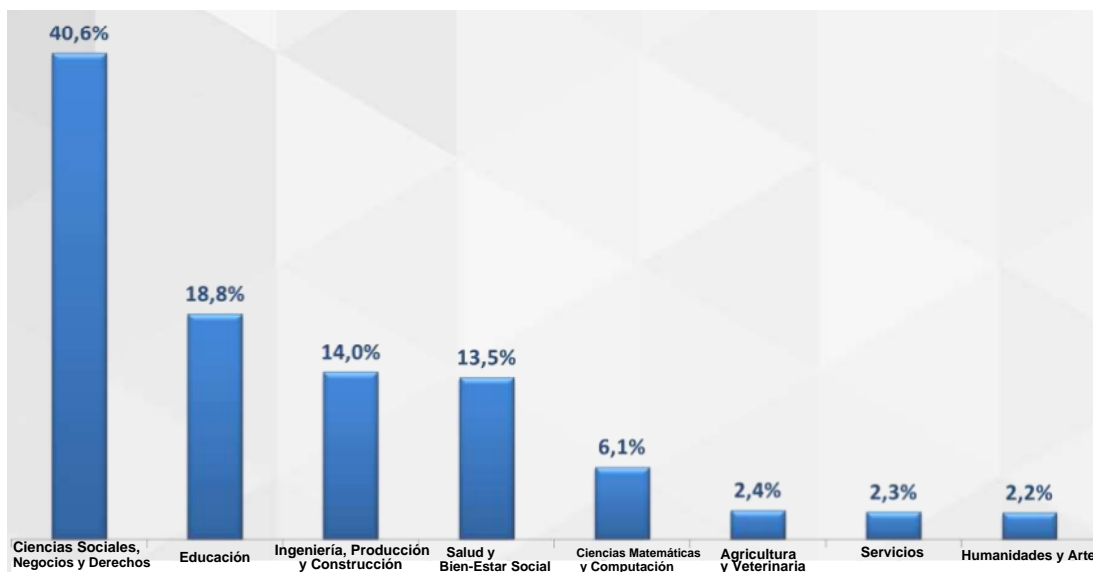


Figura 2.4: Áreas estratégicas, en São Paulo en el año 2013
Fuente: Adaptado de Inep (2015).

2.2.2 Demanda

Uno de los objetivos de este trabajo es comparar el comportamiento de la oferta¹ y la demanda en los últimos años, así como la relación entre sus tendencias. Para esto se tiene como referencia un proyecto de CGEE/MEC realizado en 2015, modelo de proyección de la demanda de Educación Superior en los próximos 20 años este proyecto fue presentados en tres fases [15]:

- Fase preliminar, tuvo como objetivo mostrar los resultados preliminares hasta entonces alcanzados con los estudios para proyectar la demanda de educación superior de los próximos 20 años en Brasil. Se definieron 29 áreas estratégicas, considerados por el plano Brasil mayor y discusiones hechas a través de reuniones de trabajo con el personal del MEC.
- Fase de desarrollo, tuvo como objetivo mostrar los resultados de estudios para proyectar la demanda de educación superior de los próximos 20 años en Brasil. Los modelos estimados fueron de regresión dinámica, cuya principal premisa del modelado fue forzar la entrada de una de

¹Según GEA [28] y [29] Brasil necesita ampliar la oferta de educación superior. En 2010 había en el país 6,3 millones de estudiantes en ese nivel de educación, siendo que el 74,8% de las matrículas están en instituciones privadas y el 25,2% en instituciones públicas. En el Congreso Nacional, se ha aprobó en la cámara de diputados, el nuevo plan nacional de educación, que propone metas a alcanzar en todos los niveles de la educación en los próximos 10 años. Para la educación superior la meta 12 propone elevar la tasa bruta de matrícula a 50% y la tasa neta a 33% de la población de 18 a 24 años, siendo 40% de las matrículas en instituciones públicas. Para la educación profesional de nivel medio la meta 11 determina triplicar la oferta, garantizando 50% en instituciones públicas.

las variables económicas PIB; ya que ésta explicaría la demanda de una determinada área estratégica. En la regresión, las otras variables (índice de GINI, población y remuneración media) también fueron probadas y combinadas con la variable económica PIB.

- Fase de final, tuvo como objetivo mostrar los resultados de las dos fases anterior, para proyectar la demanda de educación superior de los próximos 20 años en Brasil fue necesario conocer el actual mercado de trabajo y la demanda por puestos de trabajo en el futuro. Por lo tanto, se adoptaron las bases de datos del MTE, principalmente la RAIS. La variable dependiente modelada fue el número de puestos de trabajo en Brasil agrupados por estados y por áreas estratégicas. Las variables explicativas que fueron testadas son: índice GINI; crecimiento poblacional; producto interno bruto; e remuneración media por área estratégica. En particular este proyecto también estuvo interesado en observar como fue el comportamiento de las áreas estratégicas en el estado de São Paulo para la demanda de educación superior ya que fue el único estado donde todas las 29 áreas estratégicas fueron proyectadas.

La figura 2.5 la cual nos muestra como esta representada el área estratégica de Ingeniería, Producción y Construcción por Unidad Federal con datos actualizados hasta el año 2013, aquí podemos observar que en el estado de São Paulo esta el 29% de esta área estratégica.

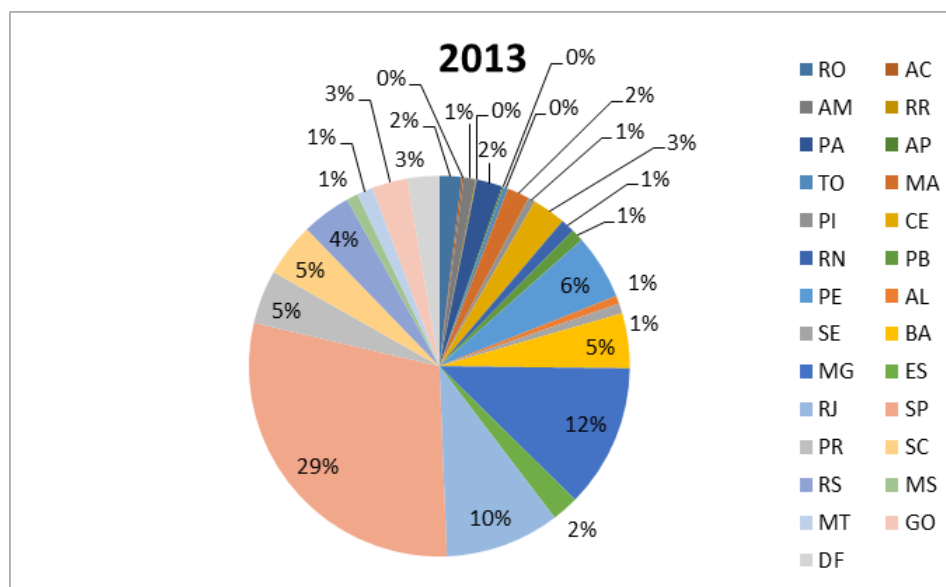


Figura 2.5: Área estratégica de Ingeniería, Producción y Construcción por Unidad Federal

Fuente: Adaptado de PUC-Rio (2015).

La figura 2.6 la cual nos muestra como esta representada el área estratégica de Salud y Bien-Estar Social por Unidad Federal con datos actualizados hasta el año 2013, aquí podemos observar que en el estado de São Paulo esta el 38% de esta área estratégica.

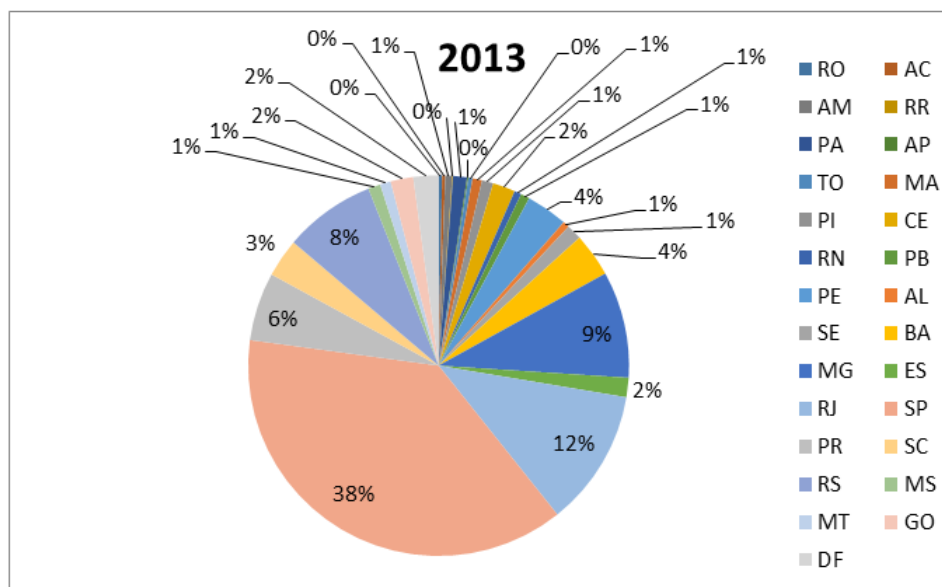
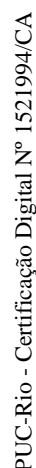


Figura 2.6: Área estratégica de Salud y Bien-Estar Social por Unidad Federal
Fuente: Adaptado de PUC-Rio (2015).

La figura 2.7 la cual nos muestra como esta representada el área estratégica de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho por Unidad Federal con datos actualizados hasta el año 2013, aquí podemos observar que en el estado de São Paulo esta el 38% de esta área estratégicas.



PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521994/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521994/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521994/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521994/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521994/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1521994/CA

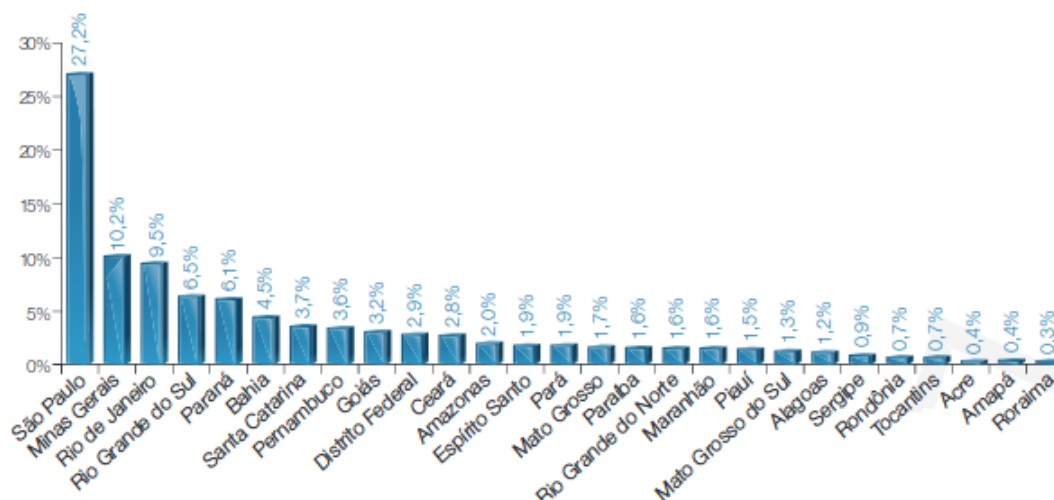


Figura 2.8: Distribución de matrículas por estado y Cursos presenciales redes privadas y públicas

Fuente: Adaptado de Semesp (2016).

2.3.1

Proyección de las áreas estratégicas en el estado de São Paulo

De las 29 áreas estratégicas que fueron proyectadas por los modelos de regresión, se tienen que 27 de ellas fueron modeladas por regresión dinámica y las dos restantes por el modelo autorregresivo de orden 1 o AR(1) pertenecientes a la familia Box Jenkins [15]; al definir la demanda de educación superior en Brasil es necesario entender cómo los puestos de trabajo que demandan la educación superior están divididos por algunas áreas estratégicas de la economía en los 27 estados brasileños. De esta forma, se puede inferir que la demanda por los profesionales de educación superior en estas áreas predefinidas puede indicar una tendencia de cómo ocurrirá la demanda por cursos superiores en el futuro. Así, la principal variable a ser proyectada en el presente estudio, se trata de los puestos de trabajo existentes en Brasil por áreas estratégicas predefinidas. Así, los 614 códigos definidos por el IBGE, a través de CNAE, fueron distribuidos entre las 19 áreas estratégicas anteriormente descritas. De los 614 códigos CNAE, 496 estaban mapeados por estas áreas estratégicas definidas en el plano Brasil mayor. Sin embargo, los 118 códigos carecían de ser clasificados luego estos fueron clasificados en 10 áreas, que tuvieron que ser aprobadas por el MEC. De esta manera, todas las 614 actividades económicas fueron correlacionadas y clasificadas de acuerdo con las áreas estratégicas del plano Brasil mayor o como la clasificación validada

[30] y por último el documento Oferta y demanda de educación superior en el área andina [31], [15].

Los dos primeros trabajos referidos, su principal aporte fue con los datos del censo de educación superior del año 2004 hasta el año 2015 y un respectivo resumen estadístico de esos datos. En el tercer trabajo de Projections of education statistics to 2024, se realiza, entre otras, una proyección a diez años de la matrícula en educación superior, para la proyección son usados los siguientes modelos:

- Modelos econométricos de regresión lineal para las tasas de matriculación por edad y sexo, donde las variables explicativas son: una media ponderada de cuatro años del ingreso nacional per cápita, y la tasa de desocupación [30],[31].
- Proyecciones de una consultora privada que establece un escenario base, uno pesimista y uno optimista para el ingreso nacional y el desempleo en los próximos 10 años [32], [33], [34].

En el cuarto trabajo de oferta y demanda de educación superior en el área andina inicialmente se examina la demanda por ingresar a la universidad, estudiando la población con nivel universitario, también se consideraran las tendencias del crecimiento de las matrículas de la educación superior por años, para ese estudio se usan modelos estadísticos como correlación lineal y regresión lineal.

Por último se tienen las proyecciones de la demanda de educación superior en Brasil tomando como referencia el trabajo presentado por CGEE/MEC en el 2015 que tuvo como objetivo principal proyectar la demanda de educación superior de 20 años (horizonte 2015-2035) por áreas estratégicas de la economía, que son de interés del MEC y el Gobierno Federal.

3

Modelos de proyección cuantitativos

Como el objetivo principal de este trabajo es conocer la oferta de educación superior en el futuro, este capítulo se hace una breve descripción de los modelos causales más adecuados para el desarrollo de este estudio.

3.1

Modelos causales

Los métodos causales son usados con frecuencia cuando tenemos a disposición datos históricos y se puede identificar la relación entre el factor que se intenta proyectar y otros factores externos o internos. Los modelos de regresión lineal son un ejemplo de modelos causales pues en estos las variables independientes explican (o son las causantes de) los cambios que se observan en las variables dependientes.

3.1.1

Modelos de regresión lineal

En la investigación social, política, económica, entre otras, el análisis de regresión se utiliza para predecir un amplio rango de fenómenos desde medidas económicas hasta diferentes aspectos del comportamiento humano. El objetivo es encontrar la mejor relación entre la variable dependiente y las variables independientes seleccionadas. Si sólo se utiliza una variable independiente esta técnica se denomina regresión lineal simple [35]. Podemos escribirlo como sigue:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \epsilon_t \quad (3-1)$$

donde, Y_t : variable dependiente,

X_t : variable explicativa o independiente,

β_0, β_1 : parámetros del modelo, miden la influencia que la variable explicativa tiene sobre la variable dependiente,

ϵ_t : error asociado a la medición del valor.

- **Variable dependiente o predicha:** Una variable dependiente es aquella cuyos valores dependen de los que tome otra variable. La variable dependiente en una función se suele representar por Y . La variable

dependiente se representan en el eje de las ordenadas. Son variables de respuesta que se observan en el estudio y que podrían estar influenciadas por los valores de las variables independientes [36]. La define como propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de las variables independientes. Otros la consideran como la variable de cierto factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente.

- **Variable independiente o regresora:** Una variable independiente es aquella cuyo valor no depende de otra (u otras) variable(s). La variable independiente se representa en el eje de abscisas; estas son las que el investigador escoge para establecer agrupaciones en el estudio, clasificando intrínsecamente a los casos del mismo. Un tipo especial son las variables de control, que modifican al resto de las variables independientes y que de no tenerse en cuenta adecuadamente pueden alterar los resultados por medio de un sesgo.

3.1.2

Estimación de mínimos cuadrados ordinarios de los parámetros (MCO)

El método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se atribuye a Carl Friedrich Gauss [37]. Bajo ciertos supuestos, el método de mínimos cuadrados tiene algunas propiedades estadísticas muy atractivas que lo han convertido en uno de los mas eficaces y populares del análisis de regresión. El MCO busca minimizar la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre los valores de los datos y los de la regresión estimada, es decir, minimizar la suma de los residuos al cuadrado, teniendo como residuo la diferencia entre los datos observados y los valores del modelo (línea) [38]. Para llegar a una expresión con la cual se logre estimar estos parámetros se aplica el método de los mínimos cuadrados ordinarios, el cual consiste en minimizar la suma de cuadrados de los errores, es decir minimizar la siguiente expresión [39], denominando S a la suma de los cuadrados de los residuos se tiene,

$$S(\beta_0, \beta_1) = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2. \quad (3-2)$$

Para minimizar S , derivamos parcialmente con respecto a β_0 y β_1

3.1.3

Coefficiente de determinación R^2

Una medida de la bondad de ajuste del modelo de regresión es el coeficiente de determinación o coeficiente de correlación múltiple, el cual se

denota con R^2 y se calcula mediante intercepto [40], según la expresión

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = \frac{SCT - SCE}{SCT} = 1 - \frac{SCE}{SCT} \quad (3-3)$$

Donde SCR : Suma de cuadrados de los residuos

SCT : Suma de cuadrados totales

SCE : Suma de cuadrados explicados

Por lo que se concluye que $0 \leq R^2 \leq 1$. Este valor representa la reducción proporcional de la suma de cuadrados de la variable respuesta que es atribuible al ajuste del modelo. Si R^2 está próximo a cero, esto implica que el ajuste no es bueno; en otras palabras, hay muy poca variación de y_t que sea explicada por x_t .

3.1.4

Modelo lineal con transformación no lineal de Box-Cox

La transformación de Box-Cox es un caso particular de una familia de transformaciones; esta técnica ha demostrado ser muy útil en los modelos de regresión lineal ya que es usada sobre los datos para que al momento de corregir la variable original esta siga una distribución normal o aproximada, también corrige la no linealidad entre las variables; mejora la correlación que existe entre ellas. Esta transformación es dada a conocer por los estadísticos George Box y David Cox [41].

Para aplicar la transformación de Box-Cox se necesita encontrar el valor del parámetro λ mas adecuado el cual genera una variable transformada con una distribución normal o aproximada, existen varios métodos para encontrar el valor de este parámetro de transformación λ que satisfaga mejor el supuesto de normalidad, la aproximación mas usada es Máxima Verosimilitud. Una característica es que esta transformación, se puede aplicar tanto a la variable dependiente como a la(s) independientes. Sea X una variable aleatoria continua y sea Z una variable no lineal la cual se definirá como la transformada de Box-Cox, dada por [42], [43], [44].

$$Z = \frac{X^\lambda - 1}{\lambda}; \quad |\lambda| \leq 1 \quad (3-4)$$

Donde λ : es el parámetro de transformación de Box-Cox, entonces la ecuación del modelo de regresión con la variable independiente transformada es

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \frac{X^\lambda - 1}{\lambda} + \epsilon \quad (3-5)$$

Donde λ : es el parámetro de la transformación de Box-Cox, aplicado a la variable independiente X

β_0, β_1 : Parámetros de regresión lineal.

3.1.5

Análisis de correlación

Antes de llevar a cabo un análisis de regresión entre dos variables X e Y , nos interesa saber si existe una relación lineal entre ellas, ya sea por que tienen algo en común o porque una depende de otra. Para examinar si este es el caso, se hace el análisis de correlación lineal. El análisis de correlación lineal se realiza para detectar si hay relación o asociación lineal entre dos variables X e Y . No se necesita que una de las variables sea dependiente y la otra independiente, las dos pueden ser dependientes o independientes. Para medir cuál es el grado de asociación entre estas variables se utiliza el coeficiente de correlación lineal de Pearson (ρ) el cual describimos a continuación [45].

3.1.5.1

Coefficiente de correlación lineal de Pearson

El coeficiente de correlación lineal de Pearson mide el grado de asociación lineal que existe entre dos variables X y Y , viene dado por:

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (3-6)$$

donde σ_{XY} es la covarianza de (X, Y) y σ_X , σ_Y sus respectivas desviaciones estándar. Por ser un coeficiente de correlación lineal, él sólo mide relaciones lineales y no otro tipo de relación, es decir que si entre X y Y existe una relación, cuadrática, cúbica, exponencial, o de otro tipo que no sea lineal, entonces no tiene sentido calcular este coeficiente [46].

Algunas propiedades de ρ son

1. $-1 \leq \rho \leq 1$. El valor $\rho = -1$ indica una relación lineal negativa o inversa perfecta entre X y Y , mientras que un valor $\rho = 1$ indica una relación lineal positiva o directa perfecta entre X y Y .
2. $\rho(X, Y) = \rho(Y, X)$, (es una relación simétrica)
3. ρ es independiente de la escala, es decir, $\rho(aX + c, bY + d) = \rho(X, Y)$ si $a, b > 0$.
4. Si X e Y son independientes, entonces $\rho(X, Y) = 0$, lo contrario no es cierto.
5. Aunque es una medida de asociación lineal entre dos variables, esto no implica necesariamente alguna relación causa-efecto.

A continuación mostramos una figura 3.1 donde se observa la tendencia entre dos variables y su respectivo coeficiente de correlación.

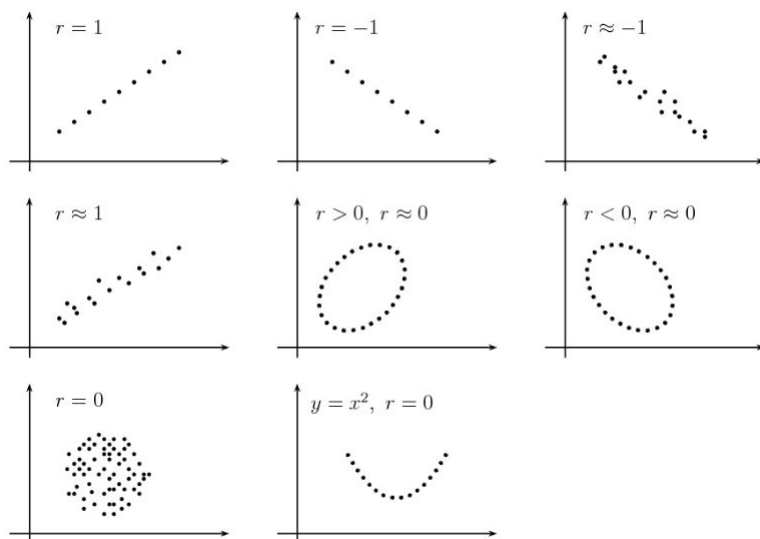


Figura 3.1: Diagrama tendencias y correlaciones

Para dos variables X e Y , el estimador de ρ se obtiene con la expresión.

$$r = \hat{\rho} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}. \quad (3-7)$$

3.1.6

Proyección en el modelo lineal simple

La proyección de la variables dependiente en el tiempo genérico t , m pasos al frente, es decir, las proyecciones de $Y_t(m)$ es dada por:

$$\hat{Y}_t(m) = X_{t+m} \hat{\beta} \quad (3-8)$$

donde X_{t+m} es el valor de la variable independiente en el instante de $t + m$, con o sin transformación de Box-Cox.

3.2

Regresión dinámica

El análisis de regresión dinámica es similar al de regresión lineal múltiple, permite establecer la relación que existe entre una variable dependiente Y_t y un conjunto de variables $(X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{(p-1)t})$, independientes y posiblemente retrasada en el tiempo. El análisis de regresión lineal múltiple, se aproxima más a situaciones de análisis real puesto que los fenómenos, hechos y procesos sociales, por definición, son complejos y, en consecuencia, deben ser explicados en la medida de lo posible por la serie de variables que, directa e indirectamente, participan en su concreción. Al aplicar el análisis de regresión múltiple lo

más frecuente es que tanto la variable dependiente como las independientes sean variables continuas medidas en escala de intervalo o razón. El modelo de regresión dinámica se define por:

$$\mathbf{Y}_t = \mathbf{X}_{t-j}\beta + \epsilon_t \quad (3-9)$$

donde \mathbf{X}_{t-j} es una matriz de variables independientes estimada de tamaño $n \times p$, $j = 1, 2, \dots$

$\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{p-1})$ es un vector $p \times 1$ de parámetros desconocidos, \mathbf{Y}_t y ϵ_t son vectores aleatorios de dimensión $n \times 1$. El vector de parámetros β son estimados a través de los procedimientos de conversión de la minimización de los cuadrados del error, es decir, $\hat{\beta}$ es:

$$\sum_{t=1}^n \epsilon_t^2 = \sum_{t=1}^n (\mathbf{Y}_t - \mathbf{X}'_{t-j}\beta)^2, \quad (3-10)$$

3.2.1

Proyección de la regresión dinámica

Uno de los usos más frecuentes del modelo lineal es la proyección de los valores observados o de valores futuros (no observados) de la variable de interés; conociendo las proyecciones de las variables explicativas. Las proyecciones se usan para tomar decisiones. Suponiendo que tenemos el modelo estimado, la proyección la podríamos expresar como:

$$\hat{Y}_t(m) = X'_{t+m-j}\hat{\beta}, \quad (3-11)$$

donde X'_{t+m-j} es el valor de las variables independientes de $t + 1$ en el instante $t + m - j$, y $\hat{\beta}$ es el vector de parámetros estimados conforme mostrado en la sección 3.1.9. En el presente estudio la variable dependiente es (\mathbf{Y}_t) y las independientes (X_{it-j}) , que son todas las series de tiempo, la formulación arriba es conocida como regresión dinámica; ya que ella permite el retraso en el tiempo de las series Y_t y \mathbf{X}_{it-j} y de los ruidos.

3.2.2

Estimación de mínimos cuadrados ordinarios de los parámetros (MCO) para regresión dinámica

Los parámetros β_0 y β_1 son estimados por este método.

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}. \quad (3-12)$$

Para llegar a una expresión con la cual se logre estimar estos parámetros se aplica el método de los mínimos cuadrados ordinarios; donde se denominando S a la suma de los cuadrados de los residuos,

$$S(\beta_i) = \sum_{t=1}^n (y_t - \beta_0 - \beta_1 x_t - \beta_2 x_t - \dots - \beta_i x_{tn})^2. \quad (3-13)$$

para aplicar el criterio de mínimos cuadrados en el modelo de regresión dinámica, calculamos la primera derivada de S con respecto a cada β .

3.3

Series de tiempo

Los modelos de series de tiempo son un conjunto de observaciones, $Y_{t_1}, Y_{t_2}, \dots, Y_{t_n}$ sobre valores que toma una variable (cuantitativa) en diferentes espacios del tiempo ya sean días, meses, semestres, años [47] y [48]. Si se tienen datos históricos patrones con tendencia y se desea emplear el análisis de series de tiempo para realizar proyecciones, existen varios modelos que pueden ser utilizados, dentro de los cuales se encuentra el modelo de suavización exponencial con ajuste de tendencia o de Holt [49].

3.3.1

Método Holt

El modelo de Holt es dado por la siguiente formulación matemática

$$Y_t = S_t + tT_t + \epsilon_t, \quad (3-14)$$

donde: S_t : nivel en el instante t T_t : tendencia en el instante t ϵ_t : Ruido aleatorio, con media cero y varianza constante [50], [51] este método se usa para la proyección de datos con tendencia; en el cual se usan dos constantes de suavización α y β , definidas como:

α : suaviza el valor del nivel de la serie (promedio estacionario)

β : suaviza la tendencia (pendiente de los datos), donde sus valores están entre 0 y 1; para este modelo, se usan tres ecuaciones fundamentales:

El nivel suavizado exponencialmente

$$S_t = \alpha(Y_{t-1}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3-15)$$

La tendencia suavizada exponencialmente

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3-16)$$

Las ecuaciones de proyección m pasos al frente de origen t , es decir, la proyección de Y_{t+m}

$$Y_{t+m} = S_t + mT_t, \quad (3-17)$$

donde Y_{t+m} es la proyección de la serie de tiempo para el período de $t + m$. Los parámetros α y β , también llamados coeficientes de suavización, están

restringidos a valores entre $0 < \alpha < 1$ y $0 < \beta < 1$.

Tradicionalmente, los parámetros de suavizado α y β son fijados a valores puntuales determinados objetivamente por sobre la base de la experiencia personal, en la mayoría de los casos esta selección es arbitraria y subjetiva; planteando la regla de selección esta se basa en el comportamiento de la serie donde se observa a través de un análisis gráfico, si la serie presenta un comportamiento inestable entonces se toma un α pequeño debido al menor grado de dependencia de la variable con respecto a su nivel anterior, ahora si el comportamiento es estable posiblemente α un alfa relativamente grande proporciona una proyección mas precisa. Otro caso de selección consiste en definir diferentes valores de α con ellos se realiza el ajuste de las series y se calcula la suma de cuadrados de los errores para escoger el α que minimice [52], [53], [54]. Por otra parte, los modelos de suavización, en general, requieren supuestos en los valores de inicio para comenzar el proceso de cálculo y realizar las proyecciones. En el modelo Holt se requiere definir los valores iniciales de S_t y T_t [55]. Por fin, es posible también alterar las ecuaciones de proyección que se encuentran arriba la cual es una ecuación de una recta, por la ecuación de proyección con *damping*, dado por:

$$Y_{t+m} = S_t + \left[\sum_{j=1}^m \phi^{j-1} \right] T_t, \quad (3-18)$$

donde ϕ es un factor de descuento, definido entre 0 y 1 como es el caso de α y β . Una introducción de estos factores de descuento suaviza las proyecciones futuras; cuanto menor el valor de ϕ , mayor la suavización.

4

Modelo conceptual

A lo largo de este capítulo se definirán las variables a ser utilizadas en este trabajo, en seguida serán presentados los modelos para hacer la proyección de la oferta de vacantes de educación superior en Brasil, evidenciando la utilización de tres modelos: causales (variables PIB, población y remuneración media); regresión lineal en función de la demanda; y modelos Holt con damping.

4.1

Selección de las variables

En esta sección serán definidas las variables usadas en los modelos, comenzamos con la variable Demanda correspondiente al modelo de regresión lineal (Oferta x Demanda). Este modelo definirá oferta en función de demanda, inicialmente proyectada en un proyecto realizado por la PUC/CGEE para la definición de la demanda. Vale colocar que los modelos de demanda en su gran mayoría eran causales, cuyas variables explicativas eran las mismas utilizadas por el modelo de la oferta. El modelo de la demanda utilizó los puestos de trabajo como variables a ser proyectadas en función de las variables PIB; población; remuneración media e índice de GINI. El modelo de regresión Dinámica considerará las siguientes variables: Producto interno bruto (PIB), Crecimiento poblacional (POP) y Remuneración media (RM). Finalmente se dice de donde provienen los datos.

4.1.1

Variables explicativas

En esta sección son presentadas las variables utilizadas en los dos modelos causales, de las cuales se tiene información desde 2004 hasta el 2015 estas variables se tomaron del informe técnico de la proyección de la demanda de educación superior para los próximos 20 años ver detalles [15].

- **Demanda de educación superior:** Para definir cual es la demanda de educación superior es necesario saber como los puestos de trabajo que demandan la educación superior están divididos por algunas áreas de la economía. De esta manera, se puede inferir que la demanda por los

profesionales en estas áreas predefinidas pueden indicar una tendencia de como ocurrirá la demanda por cursos en los próximos años.

- **Producto interno bruto (PIB):** Esta variable viene siendo estudiada por el IBGE, en colaboración con los Órganos Estatales de Estadística, Secretarías Estatales de Gobierno e SUFRAMA. Ahora se tiene la representatividad en la economía del país, en primer lugar el estado de São Paulo es el que posee un mayor PIB de la región Sudeste 58% y el 32% del PIB del país en 2015, representando cerca de 2.4 billones de reales en la época, le sigue el estado de Río de Janeiro 12% y luego Minas Gerais 9%. Esta variable fue proyectada en un estudio de PUC/CGEE y consideró el escenario base.
- **Crecimiento poblacional (POP):** El crecimiento poblacional es una variable que ciertamente influye en la creación de nuevas vacantes de educación superior y el aumento de puestos de trabajo que exijan una mayor calificación de profesionales con cursos superior. Por lo tanto, esta es una variable probada en esta discusión de la oferta de educación superior para los próximos 20 años. Esta variable fue proyectada por el IBGE y considerada en este estudio y en el estudio hecho por PUC/CGEE.
- **Remuneración media (RM):** La remuneración media de cierta profesión puede ser una variable que explique el interés por determinados cursos o áreas estratégicas. Para intentar entender esta variable y su influencia en la elección de una determinada profesión, se hizo una consulta en la base RAIS por estados de la unión y por código. De esta forma, se tiene la evolución de las remuneraciones medias de cada área estratégica por cada una de las UFs. Como hay estados en que no existen algunas áreas estratégicas y si, objetivado tener una muestra significativa de esta variable, será considerado el estado de São Paulo por poseer todas las áreas estratégicas. En cierta forma, pueden explicar la mayor demanda por especializaciones insertadas en determinadas áreas estratégicas. En un estudio futuro tal vez la remuneración media de cada profesión pueda traer una mejor estimativa.

4.1.2

Datos

Cada año, el Inep realiza la recolección de datos sobre la educación superior con el objetivo de ofrecer a la comunidad académica y a la sociedad en general informaciones detalladas sobre la situación y las grandes tendencias del

sector. De esta información interesa el número de vacantes ofrecidas (oferta), en los cursos de graduación presenciales, por organización académica, según las áreas generales, áreas detalladas y programas y/o cursos de Brasil desde el año 2004 al 2015 para un total de 12 años. Lo primero que se hizo fue tabular cada curso en donde se organizó por año las vacantes ofrecidas en el mismo y después agruparlos por sus respectivas áreas de interés para proyección de la oferta de educación superior en Brasil, y así obtener información de tipo descriptivo de la cual se obtendrían las áreas que mejor estaban explicando el estado de São Paulo. Como no se tenía información anual por estado, pero se tenía la del censo de 2015 de la cantidad de vacantes por estado, de allí, tomando como referencia ese año se sacaron las proporciones para los años restantes. Esto es, a partir del censo de 2015 fue calculado el porcentaje que le corresponde a São Paulo en relación al país, y este valor se multiplicó por el total de todos los años para obtener el total de vacantes de São Paulo por cursos en todos los años tomando así la serie histórica.

Las estadísticas descriptivas de los datos son un análisis descriptivo para ver como es el comportamiento de ellos y que tan correlacionadas están las variables para así escoger el mejor modelo. Haciendo esas estadísticas se pudo clasificar cual eran las áreas de interés que mejor representarían la oferta de educación superior de São Paulo, las áreas son las siguientes: Ciencias Sociales, Negocios y Derecho cuyo último valor de 2015 fue de 1.409.207; le sigue Salud y Bien-Estar Social cuyo valor fue de 537.051; y por ultimo Ingeniería, Producción y Construcción cuyo valor fue de 646.187. Estas tres áreas de interés fueron quienes obtuvieron el mayor porcentaje en 2015, por tanto, la selección de estas tres áreas fueron hechas por tener la mayor proporción en relación al total en 2015.

4.2

Métodos aplicados y ajustes

Para efectos de caracterizar el comportamiento de la oferta de educación superior en el estado de São Paulo por medio de estas tres áreas de interés, se definieron tres tipos de modelos: regresión lineal (oferta x demanda), regresión dinámica y método de Holt; los cuales hacen uso de información histórica condicionando, así que deben existir datos cuantitativos del pasado, supone que se repetirá el patrón (más probable a corto plazo), con el fin de comparar cual de ellos explica mejor la oferta de educación superior en los próximos 20 años.

Para el modelo causal se usaron dos casos, primero, en el modelo de regresión (oferta x demanda) con transformación Box-Cox en la demanda se

usaron los datos de las vacantes ofrecidas, de los años 2004-2015 en cada una de las tres áreas de interés ya mencionadas y la variable explicativa demanda, se realizó un análisis descriptivo de los datos para ver su tendencia y correlación y por último las respectivas proyecciones. En segundo lugar fué usado el modelo de regresión dinámica, el cual hace los mismos cálculos del modelo anterior, con la diferencia que este modelo tiene más de una variable explicativa, en este caso son, producto interno bruto, población y remuneración media del estado del São Paulo. Por último el modelo Holt usa una ecuación de predicción y dos ecuaciones de suavizamiento, que no utilizan variables explicativas sino que actualizan los parámetros cada paso (año a año). Estadísticamente los ajustes del los modelos son respectivamente:

4.2.1

Modelo causal oferta en función de la demanda

El modelo general es dado por:

$$Oferta_t = f(Demanda_t) \quad (4-1)$$

en el caso del modelo lineal con transformación Box-Cox, tenemos.

$$Oferta_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot Z_t + \epsilon \quad (4-2)$$

Donde Z_t representa la transformación Box-Cox de la variable explicativa *Demanda*, siendo esta definida como $Z_t = \frac{Demanda_t^\lambda - 1}{\lambda}$. Para definir la relación de la oferta de una área de interés específica en función de la demanda, fue necesario verificar cuales eran las ofertas de vacantes más demandadas.

La tabla 4.1 muestra como fue establecida la relación en este trabajo, se hizo la ligación entre las áreas de interés de la oferta en relación a las áreas estratégicas definidas en el estudio de la demanda realizado por la PUC/CGEE para el MEC.

Tabla 4.1: Relación entre las áreas de interés y las áreas estratégicas

OFERTA Áreas de Interés	DEMANDA Áreas Estratégicas
Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	Bens de Capital; Serviços; Hospitalidade e Lazer; Serviços Públicos; Saúde e Social; Outros Serviços.
Ingeniería, Producción y Construcción	Automotivo; Petróleo, Gás e Naval; TIC e Complexo Eletroeletrônico; Defesa, Aeronáutico e Espacial; Energias Renováveis; Industria e Mineração; Metalurgia; Indústria Química; Construção Civil; Serviços Logísticos.
Salud y Bien-Estar Social	Complexo da Saúde; Hospitalidade e Lazer; Saúde e Social.

4.2.2

Modelo oferta en función de modelos de regresión dinámica

$$Oferta_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot PIB + \beta_2 \cdot POP + \beta_3 \cdot RM + \epsilon \quad (4-3)$$

Las variables explicativas utilizadas en este modelo fueron las mismas usadas en los modelos propuestos para la demanda, estudio desarrollado por PUC/CGEE. Vale colocar que estas proyecciones fueron agrupadas para las tres variables de interés PIB, POP y RM en el horizonte temporal de las áreas de interés agrupadas para el estado de São Paulo.

4.2.3

Método de Holt

Las ecuaciones de proyección ya fueron mencionadas en la Sección 3.3.1. El modelo adoptado utilizó el parámetro de damping, pues se parte del pre-supuesto que los recursos son escasos y que en el futuro hay una tendencia de saturación. para este modelo, se usan tres ecuaciones fundamentales:

El nivel suavizado exponencial

$$S_t = \alpha(Oferta_{t-1}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4-4)$$

La tendencia suavizada exponencial

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (4-5)$$

Las ecuaciones de proyección m pasos al frente de origen t , es decir, la proyección de $Oferta_{t+m}$

$$Oferta_{t+m} = S_t + mT_t, \quad (4-6)$$

donde $Oferta_{t+m}$ es la proyección de la serie de tiempo para el período de

$t + m$. Los parámetros α y β , también llamados coeficientes de suavización, están restringidos a valores entre $0 < \alpha < 1$ y $0 < \beta < 1$. La ecuación de proyección con *damping*, esta dada por:

$$Oferta_{t+m} = S_t + \left[\sum_{j=1}^m \phi^{j-1} \right] T_t, \quad (4-7)$$

donde ϕ es un parámetro de suavizamiento, definido entre 0 y 1

5

Resultados

El principal objetivo de este capítulo es mostrar como fueron aplicados los métodos de regresión cuantitativa sobre los datos del Inep, los cuales son datos históricos organizados por áreas estratégicas anualmente, para este caso los datos fueron tomados desde el año 2004 al 2015.

5.1

Áreas de interés

A continuación se presentará un análisis individual de las tres áreas de interés por cada uno de los tres métodos, considerados en esta disertación, a saber, regresión de Box-Cox, regresión dinámica por PIB, POP, RM y el modelo Holt de series de tiempo; mostrando primero la dispersión de los datos, seguido la correlación de los datos, el ajuste del modelo y las figuras de proyección.

5.1.1

Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

5.1.1.1

Modelo de Box-Cox

La figura 5.1 representa el comportamiento conjunto de las variables Oferta versus Demanda, a través del diagrama de dispersión para el área de interés de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho, donde se observa que ambas variables tienen una leve relación lineal.

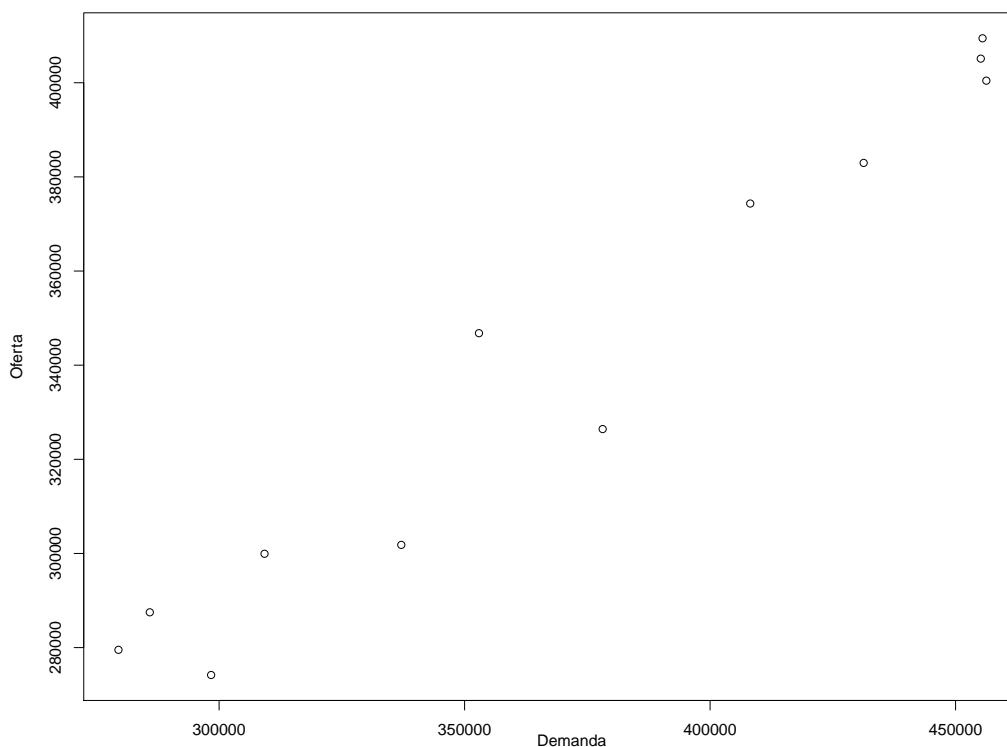


Figura 5.1: Diagrama de dispersión Box-Cox para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

Para reforzar esta afirmación se calcula correlaciones de las variables la cual es de 0,936; con esta información procedemos a ajustar el modelo, obteniendo que la ecuación del modelo ajustado:

$$\hat{Oferta}_t = 28572 + 3948\hat{Demanda}_t \quad (5-1)$$

Los estimadores de los parámetros fueron testados, éstos junto con los errores estándares revelan la significación de ambos, también se tiene información del coeficiente de determinación el cual nos dice que la variable independiente Demanda nos explica un 91% de la variabilidad total de la variable dependiente Oferta. Esta explicación es alta y por tanto nos lleva a quedarnos con este modelo para el área de interés Ciencias Sociales, Negocios y Derecho. La figura 5.2 nos muestra la proyección de la Oferta hasta el año 2035, usando el modelo Box-Cox para el área de interés Ciencias Sociales, Negocios y Derecho.

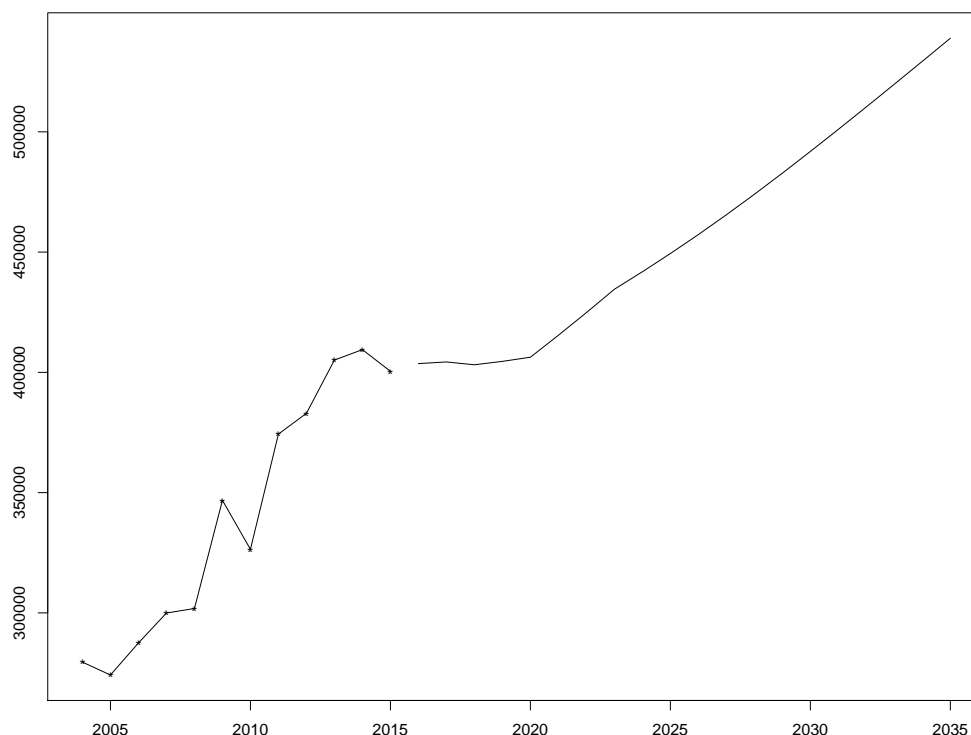


Figura 5.2: Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

5.1.1.2

Modelo de regresión dinámica

La figura 5.3 representa el comportamiento conjunto de las variables Oferta versus PIB, Oferta versus POP, Oferta versus RM, a través del diagrama de dispersión para el área de interés de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho, donde se observa en tres figuras individuales que estas variables tienen una leve relación lineal.

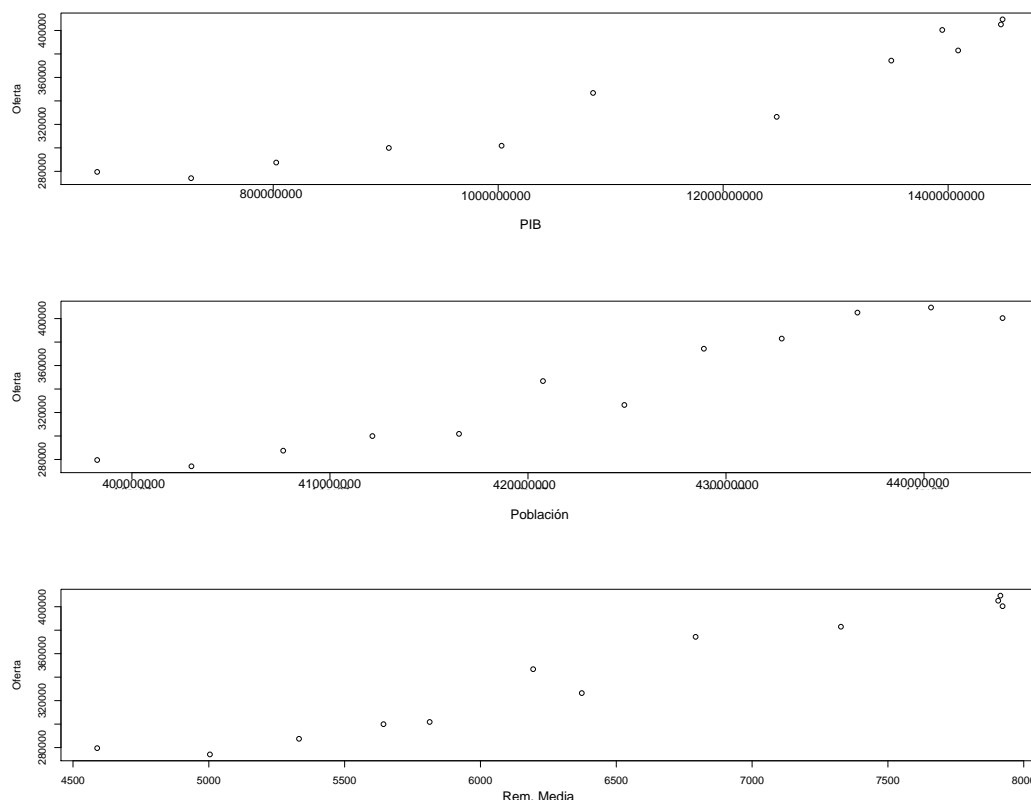


Figura 5.3: Diagrama de dispersión dinámica para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

Para reforzar esta afirmación se calcula correlaciones de las variables en ese mismo sentido la cual es de 0,823, 0,863, 0,916; con esta información procedemos ajustar el modelo:

$$\hat{Oferta}_t = 499900 + 0,000038\hat{PIB}_t - 0,01225\hat{POP}_t + 49,27\hat{RM}_t \quad (5-2)$$

Los estimadores de los parámetros fueron testados, éstos junto con los errores estándares revelan la significancia de ambos; se verifica que este modelo explica bien la variabilidad de la oferta de vacantes con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,823\%$ y como tal este sería un modelo recomendado para esta variable de interés. Seguido se muestra la figura 5.4 la cual nos muestra la proyección de la Oferta hasta el año 2035, usando el modelo de regresión dinámica para el área de interés Ciencias Sociales, Negocios y Derecho.

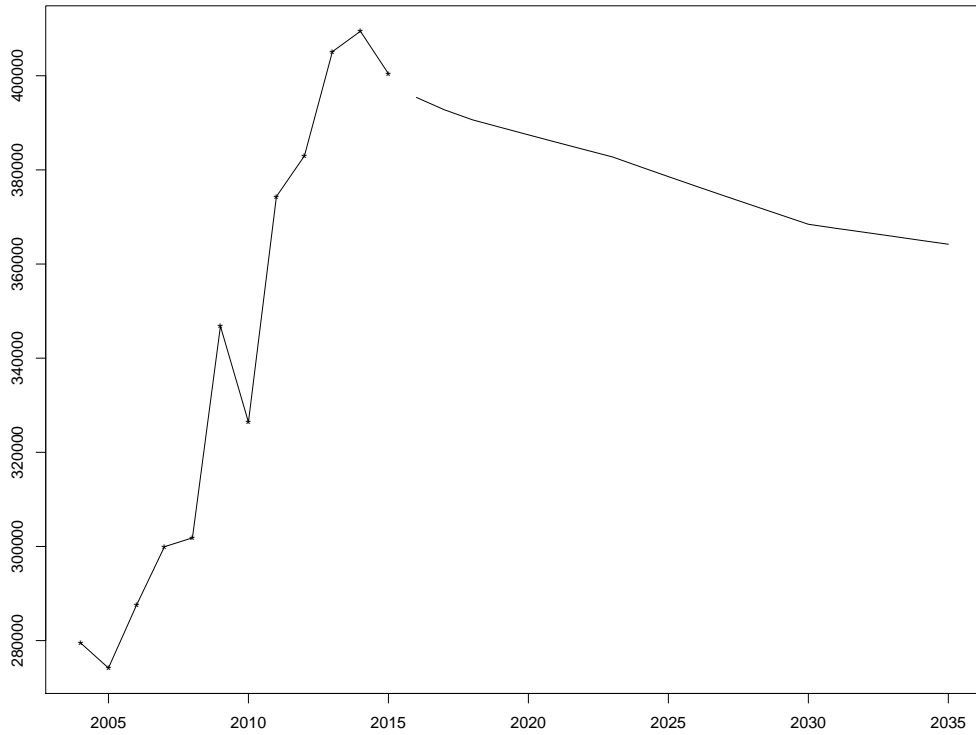


Figura 5.4: Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

5.1.1.3 Modelo Holt

La figura 5.5 muestra las proyecciones del modelo Holt, para el área de interés Ciencias Sociales, Negocios y Derecho, usando el valor de los siguientes parámetros de suavizamiento: $\hat{\alpha} = 0,8$; $\hat{\beta} = 0,4$ y $\hat{\phi} = 0,8$, las ecuaciones de ajustes son:

$$S_t = 0,8(Oferta_{t-1}) + (0,2)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5-3)$$

$$T_t = 0,4(S_t - S_{t-1}) + (0,6)T_{t-1} \quad (5-4)$$

$$Oferta_{t+m} = S_t + \left[\sum_{j=1}^m 0,8^{j-1} \right] T_t \quad (5-5)$$

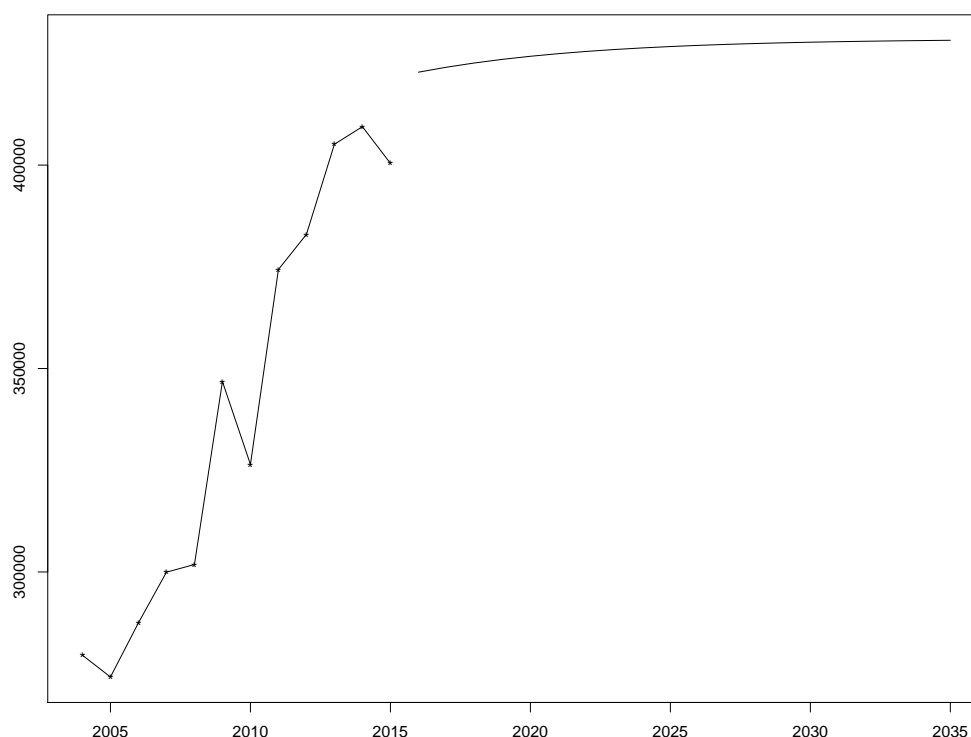


Figura 5.5: Proyección del modelo Holt, para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

5.1.2

Ingeniería, Producción y Construcción

5.1.2.1

Modelo de Box-Cox

La figura 5.6 representa el comportamiento conjunto de las variables Oferta versus Demanda, a través del diagrama de dispersión para el área de interés de Ingeniería, Producción y Construcción, donde se observa que ambas variables tienen una leve relación lineal.

Para reforzar esta afirmación se calcula correlaciones de las variables la cual es de 0,963; con esta información procedemos a ajustar el modelo, obteniendo la ecuación del modelo ajustado:

$$\hat{Oferta}_t = 55430 + 0,00002766\hat{Demanda}_t \quad (5-6)$$

Los estimadores de los parámetros fueron testados, éstos junto con los errores estándares revelan la significancia de ambos; se verifica que este modelo explica bien la variabilidad de la oferta de vacantes con un coeficiente de

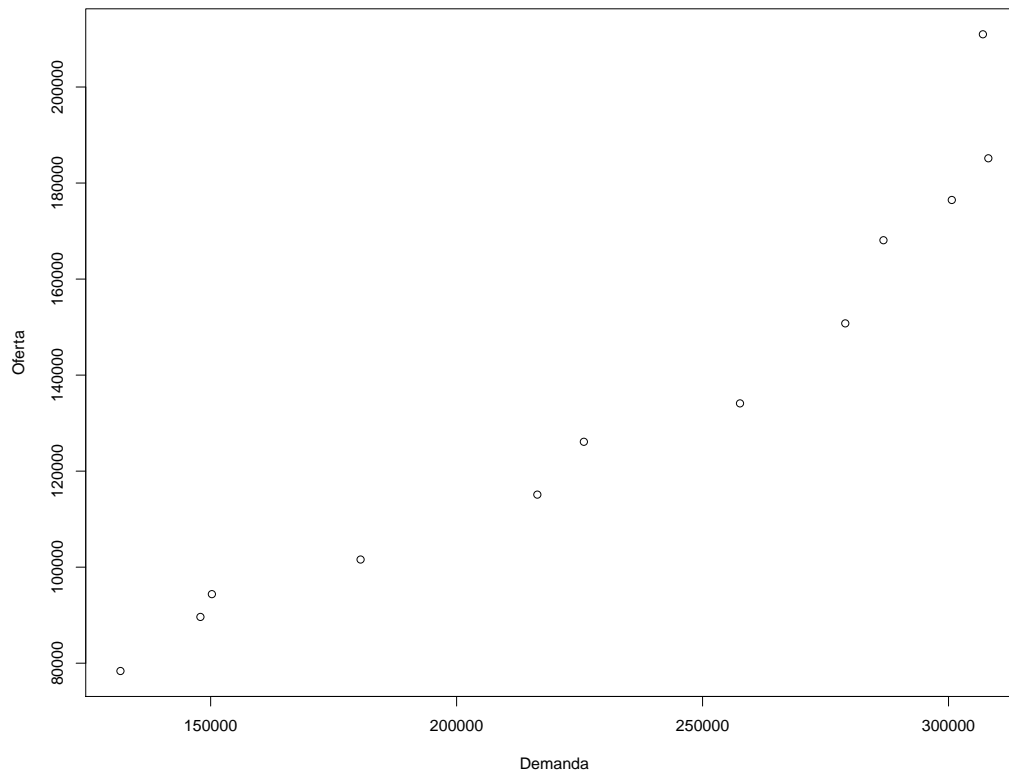


Figura 5.6: Diagrama de dispersión del Modelo Box-Cox para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

determinación $R^2 = 94\%$ y como tal este sería un modelo recomendado para esta variable de interés. La figura 5.7 nos muestra la proyección de la Oferta hasta el año 2035, usando el modelo Box-Cox para el área de interés Ingeniería, Producción y Construcción.

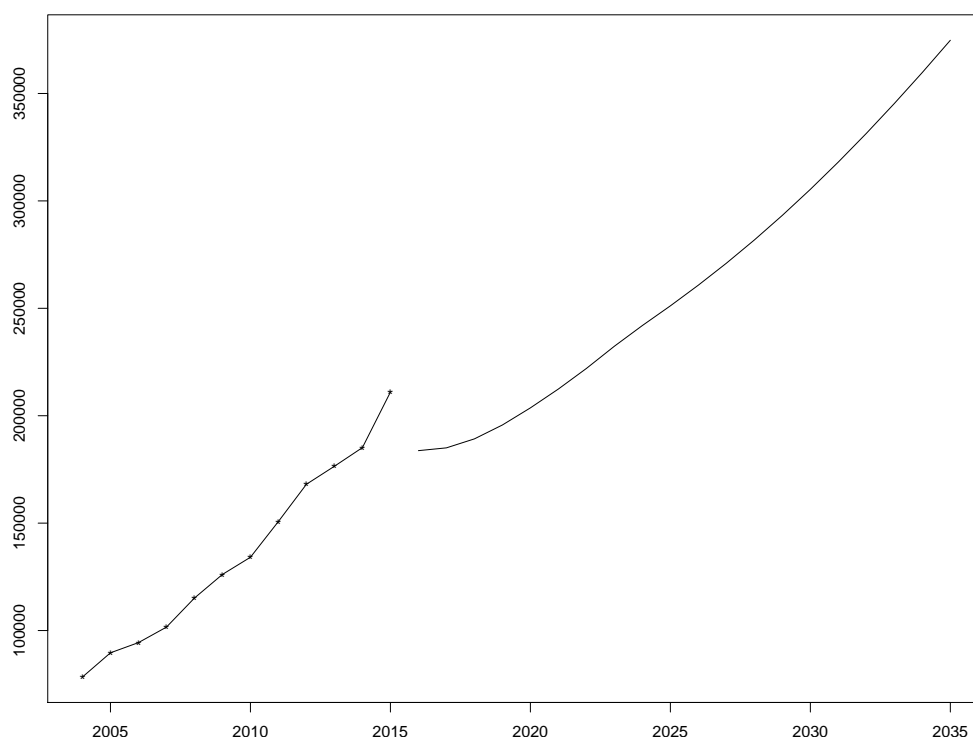


Figura 5.7: Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

5.1.2.2

Modelo de regresión dinámica

La figura 5.8 representa el comportamiento conjunto de las variables Oferta versus PIB, Oferta versus POP, Oferta versus RM, a través del diagrama de dispersión para el área de interés de Ingeniería, Producción y Construcción, donde se observa en tres figuras individuales que estas variables tienen una leve relación lineal.

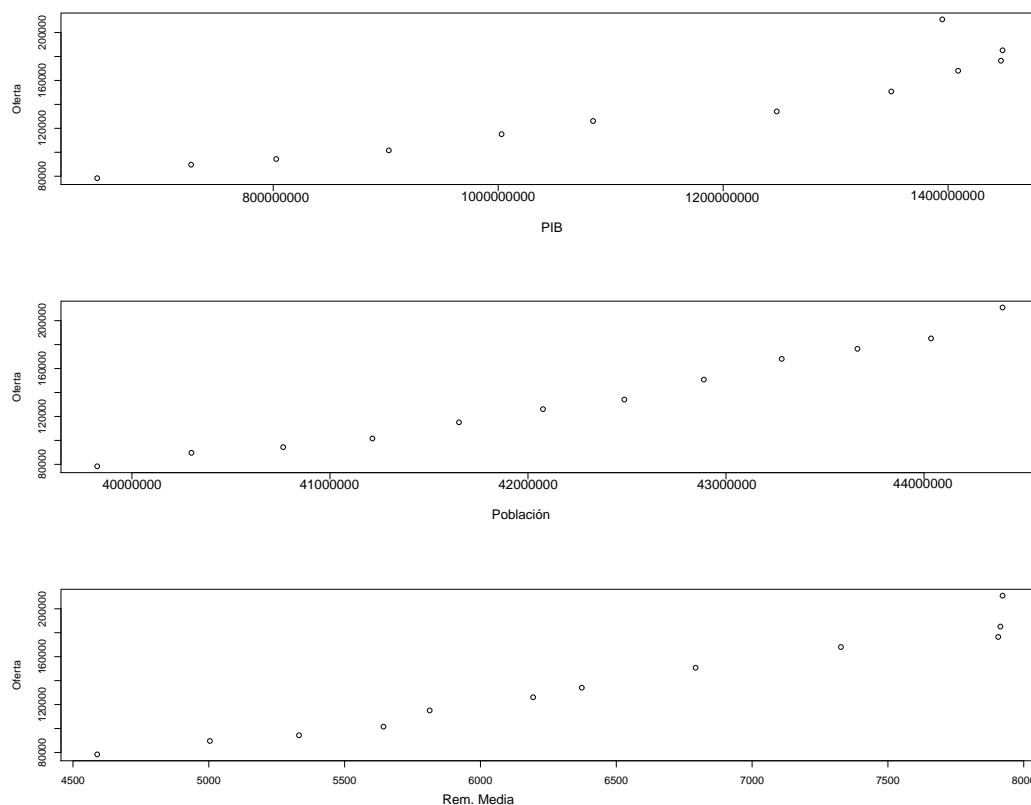


Figura 5.8: Diagrama de dispersión dinámica para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

Para reforzar esta afirmación se calcula las correlaciones de las variables PIB=0,726, POP=0,852, RM=0,758; con esta información procedemos a ajustar el modelo:

$$\hat{Oferta}_t = -119300 - 0,00000631\hat{PIB}_t + 0,0314\hat{POP}_t + 11,39\hat{RM}_t \quad (5-7)$$

Los estimadores de los parámetros fueron testados, éstos junto con los errores estándares revelan la significancia de ambos, se verifica que este modelo explica bien la variabilidad de la oferta de vacantes con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,86\%$ ajustado y como tal este seria un modelo recomendado para esta área de interés. La figura 5.9 muestra la proyección de la Oferta hasta el año 2035.

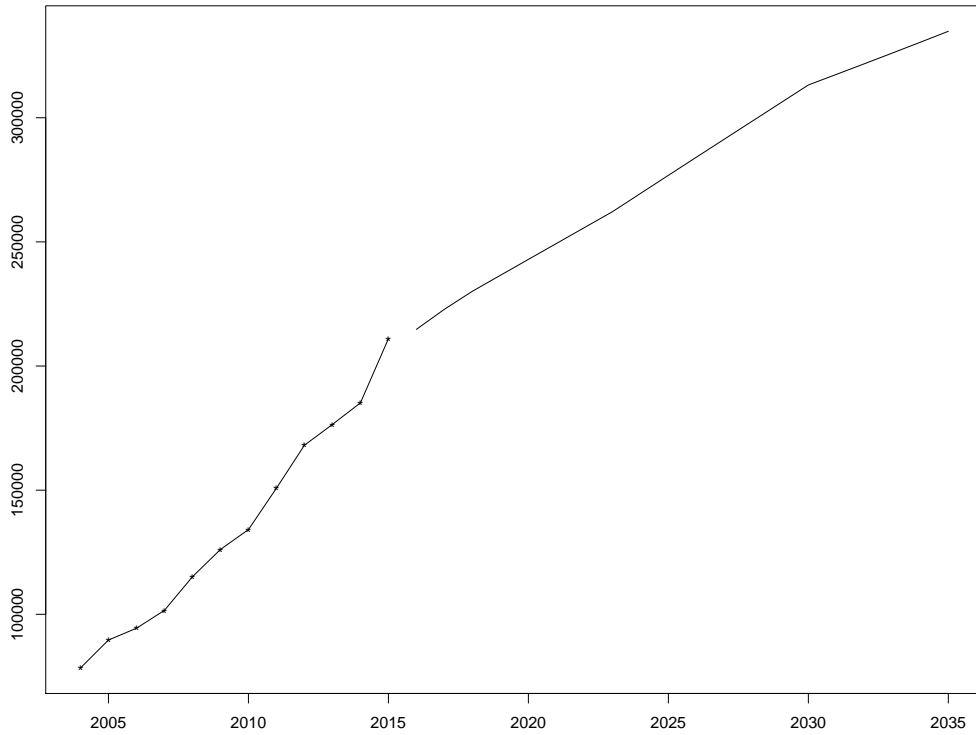


Figura 5.9: Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

5.1.2.3 Modelo Holt

La figura 5.10 muestra las proyecciones del modelo Holt, para el área de interés Ingeniería, Producción y Construcción tomando el valor de los siguientes parámetros de suavizamiento: $\hat{\alpha} = 0,8$; $\hat{\beta} = 0,4$ y $\hat{\phi} = 0,8$, las ecuaciones de ajustes son:

$$S_t = 0,8(Oferta_{t-1}) + (0,2)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5-8)$$

$$T_t = 0,4(S_t - S_{t-1}) + (0,6)T_{t-1} \quad (5-9)$$

$$Oferta_{t+m} = S_t + \left[\sum_{j=1}^m 0,8^{j-1} \right] T_t \quad (5-10)$$

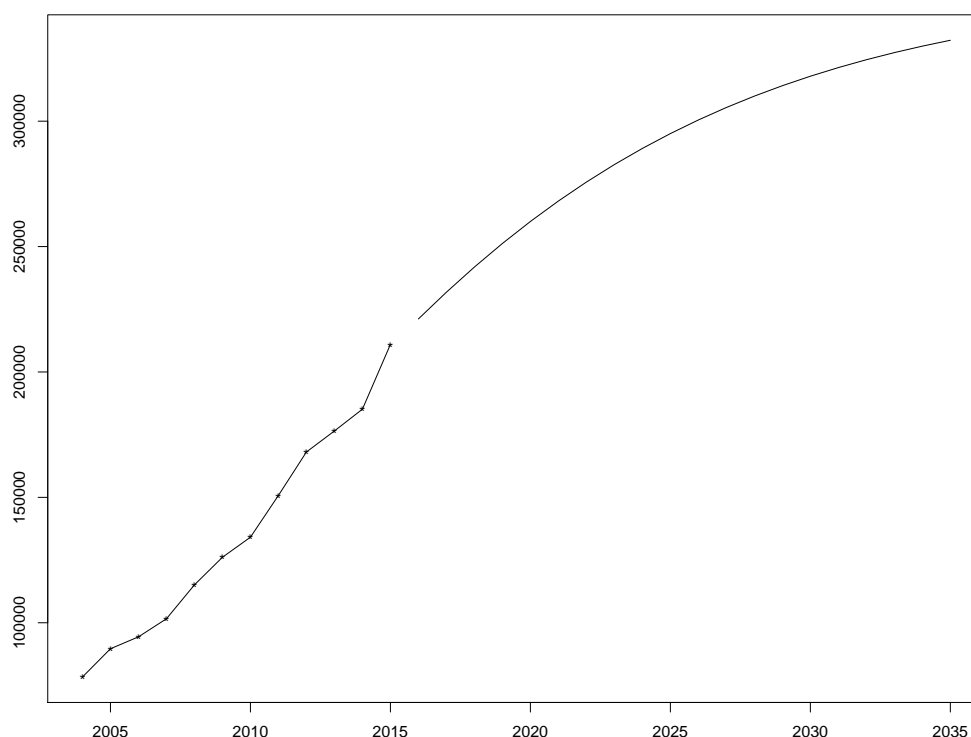


Figura 5.10: Proyección del modelo Holt para el área Ingeniería, Producción y Construcción

5.1.3 Salud y Bien-Estar Social

5.1.3.1 Modelo de Box-Cox

La figura 5.11 representa el comportamiento conjunto de las variables Oferta versus Demanda, a través del diagrama de dispersión para el área de interés de Salud y Bien-Estar Social, donde se observa que ambas variables tienen una leve relación lineal.

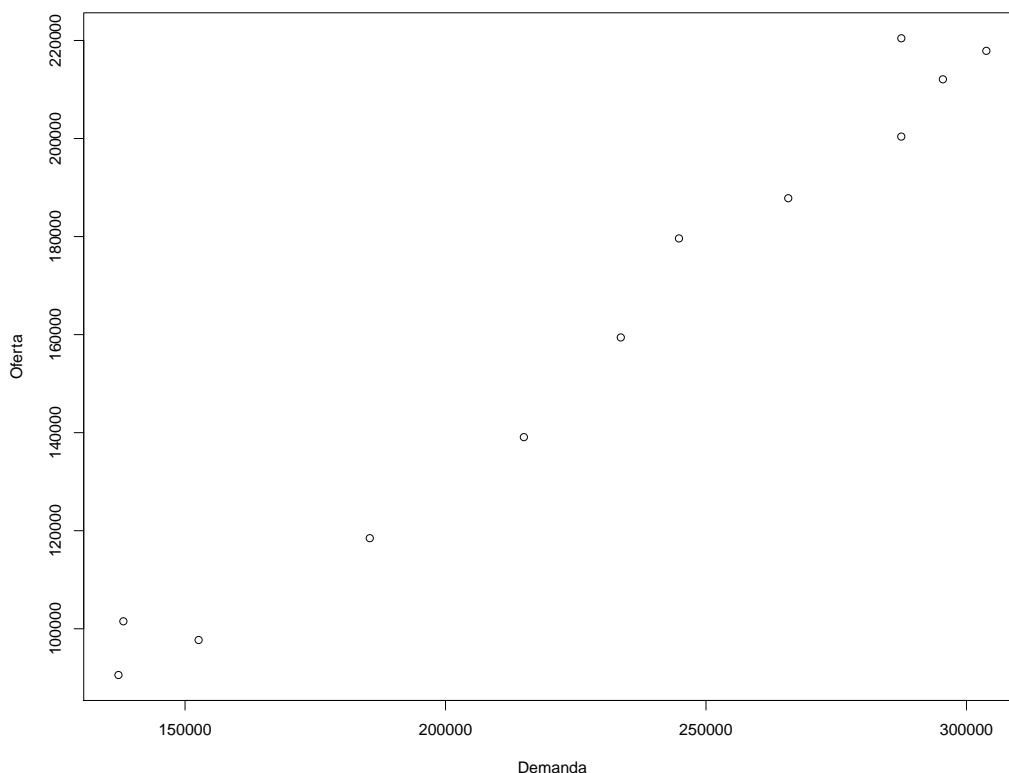


Figura 5.11: Diagrama de dispersión del modelo Box-Cox para el área de Salud y Bien-Estar Social

Para reforzar esta afirmación se calcula correlaciones de las variables la cual es de 0,95; con esta información procedemos a ajustar el modelo, obteniendo que la ecuación del modelo ajustado:

$$\hat{Oferta}_t = 45910 + 0,0001904\hat{Demanda}_t \quad (5-11)$$

Los estimadores de los parámetros fueron testados, éstos junto con los errores estándares revelan la significativa de ambos, también se tiene información del coeficiente de determinación el cual nos dice que la variable independiente Demanda nos explica un $R^2 = 95\%$ de la variabilidad total de la variable dependiente Oferta de vacantes; de esta variable de interés, y como tal sería un modelo recomendado.

La figura 5.12 nos muestra la proyección de la Oferta hasta el año 2035, usando el modelo Box-Cox para el área de interés Salud y Bien-Estar Social.

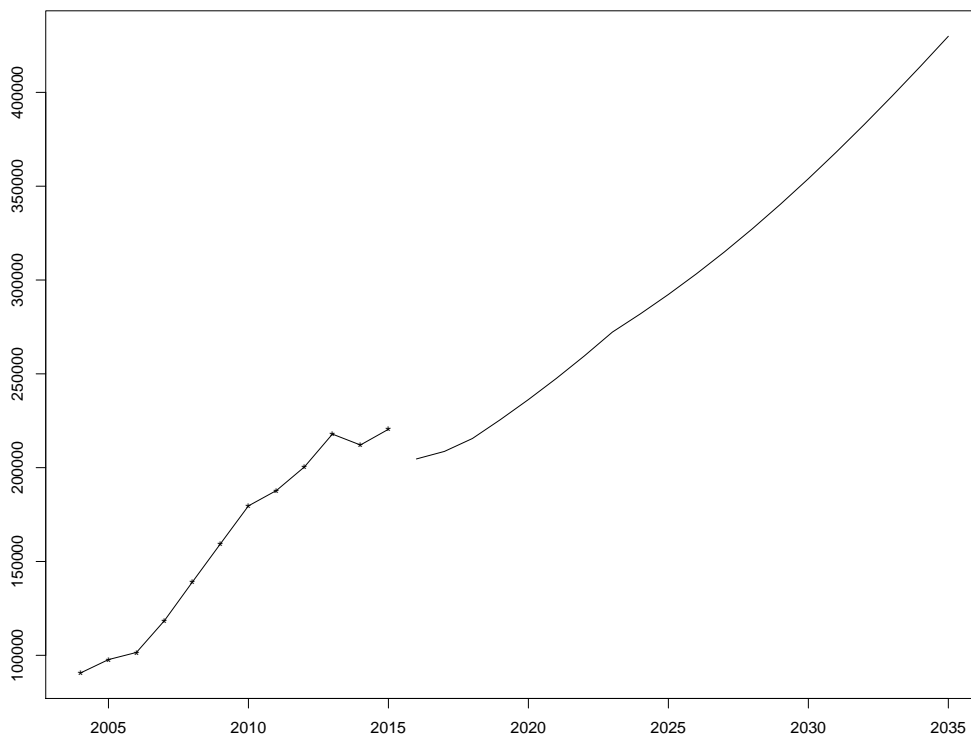


Figura 5.12: Proyección del modelo Box-Cox para el área de Salud y Bien-Estar Social

5.1.3.2

Modelo de regresión dinámica

La figura 5.13 representa el comportamiento conjunto de las variables Oferta versus PIB, Oferta versus POP, Oferta versus RM, a través del diagrama de dispersión para el área de interés de Salud y Bien-Estar Social, donde se observa en tres figuras individuales que estas variables tienen una leve relación lineal. Para reforzar esta afirmación se calcula correlaciones de las variables son: PIB=0,847, POP=0,920 y RM=0,873; con esta información procedemos ajustar el modelo:

$$\hat{Oferta}_t = -506800 + 0,00092\hat{PIB}_t + 0.013\hat{POP}_t + 1,867\hat{RM}_t \quad (5-12)$$

Los estimadores de los parámetros fueron testados, éstos junto con los errores estándares revelan la significativa de ambos, se verifica que este modelo explica bien la variabilidad de la oferta de vacantes con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,88\%$ ajustado y como tal este seria un modelo recomendado para esta área de interés.

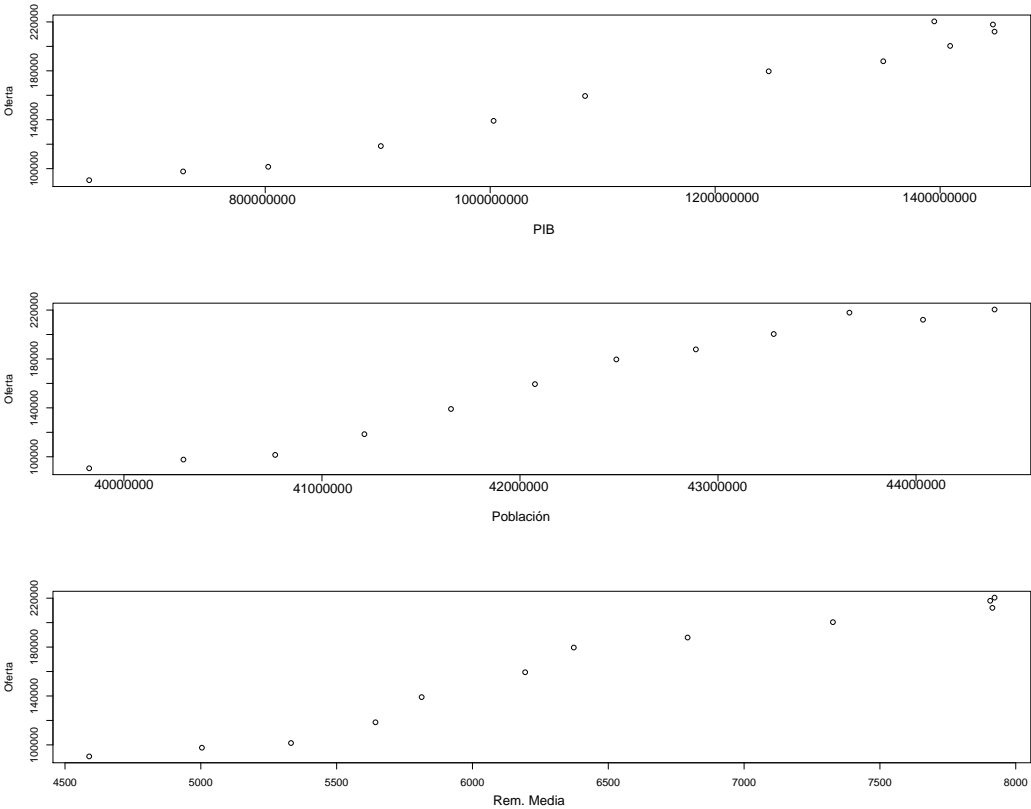


Figura 5.13: Diagrama de dispersión del modelo regresión dinámica para el área de Salud y Bien-Estar Social

La figura 5.14 muestra la proyección de la Oferta hasta el año 2035.

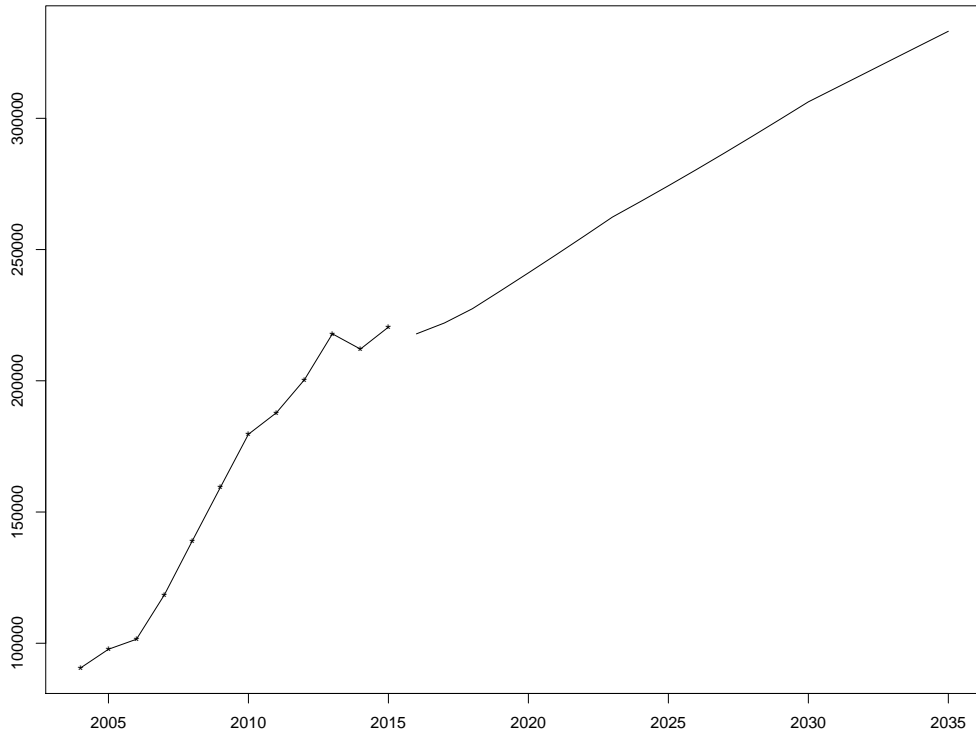


Figura 5.14: Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Salud y Bien-Estar Social

5.1.3.3 Modelo Holt

La figura 5.15 muestra las proyecciones del modelo Holt, para el área de interés Salud y Bien-Estar Social, tomando el valor de los siguientes parámetros de suavizamiento: $\hat{\alpha} = 0,8$; $\hat{\beta} = 0,4$ y $\hat{\phi} = 0,8$, las ecuaciones de ajustes son:

$$S_t = 0,8(Oferta_{t-1}) + (0,2)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5-13)$$

$$T_t = 0,4(S_t - S_{t-1}) + (0,6)T_{t-1} \quad (5-14)$$

$$Oferta_{t+m} = S_t + \left[\sum_{j=1}^m 0,8^{j-1} \right] T_t \quad (5-15)$$

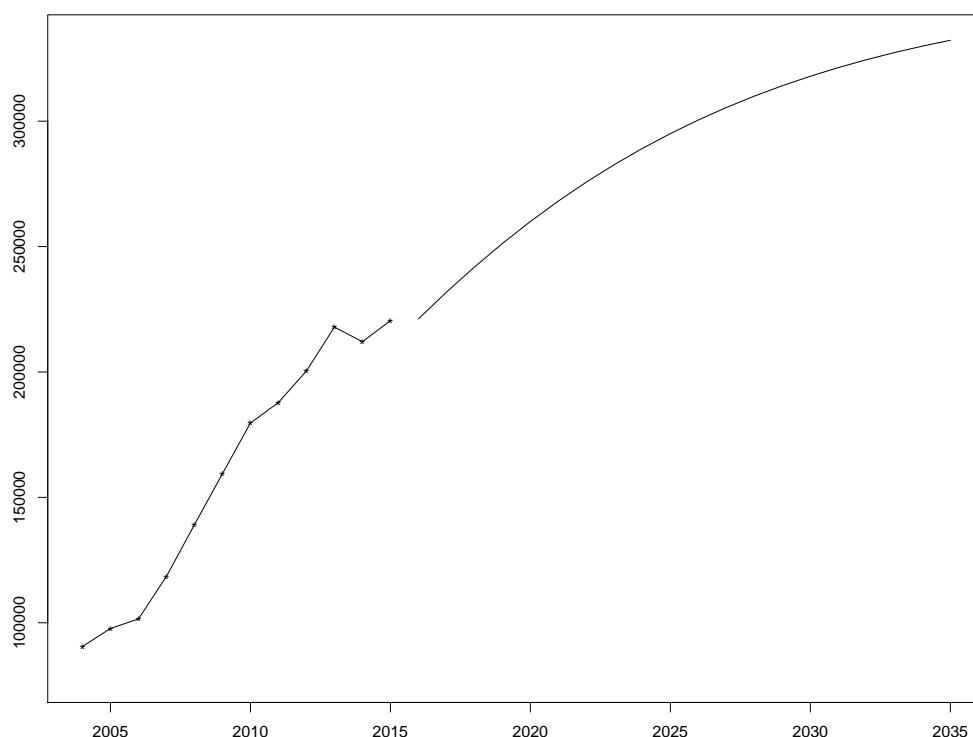


Figura 5.15: Proyección del modelo Holt para el área de Salud y Bien-Estar Social

5.2 Comparación de los modelos

De la siguiente tabla 5.1 podemos observar el error porcentual absoluto medio (MAPE) por cada área de interés, método utilizado para comparar los diferentes ajustes del modelo de regresión donde valores mas pequeños indican un mejor ajuste, y se puede concluir que el mejor modelo para comparar las áreas de interés es el que utiliza transformación Box-Cox sobre la variable independiente (Demanda), con un valor relativamente pequeño en cada área de interés estudiada

Tabla 5.1: Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) de las áreas de interés

	Ciencias Sociales, Negocios y Derecho	Ingeniería, Producción y Construcción	Salud y Bien-Estar Social
Modelo Dinámico	$R^2 = 0,823$ $MAPE = 16,009$	$R^2 = 0,8668$ $MAPE = 47,832$	$R^2 = 0,8829$ $MAPE = 27,74$
Modelo de Box-Cox (Demanda)	$R^2 = 0,9142$ $MAPE = 11,24$ $\lambda = 0,5686$	$R^2 = 0,94$ $MAPE = 31,213$ $\lambda = 0,9878$	$R^2 = 0,95$ $MAPE = 20,409$ $\lambda = 0,85353$
Modelo Holt	$MAPE = 18,7264$	$MAPE = 45,6742$	$MAPE = 23,51$

5.2.1
Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

En la siguiente figura 5.16 se muestra el modelo Box- Cox versus demanda en el área de interés de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho, podemos observar que el año 2006 representa el punto de equilibrio donde oferta y demanda se igualan (considerando competencia perfecta) y en el año 2014 la oferta consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

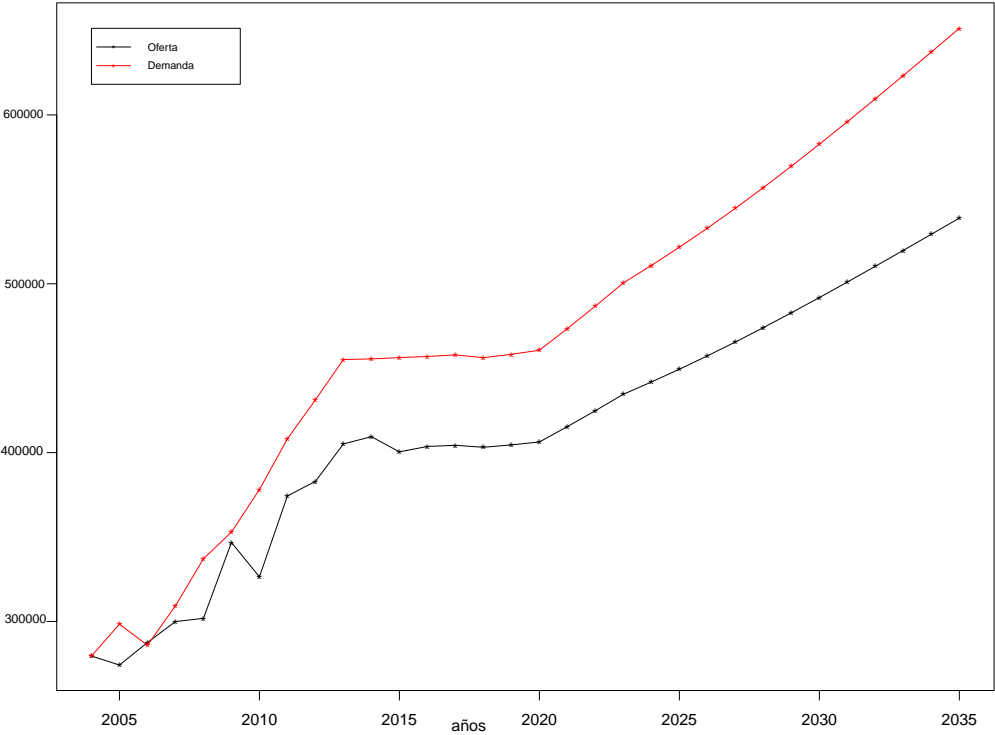


Figura 5.16: Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

En la siguiente figura 5.17 se muestra regresión dinámica versus demanda en el área de interés de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho, podemos observar que el año 2006 representa el punto de equilibrio donde oferta y demanda se igualan (considerando competencia perfecta) y en el año 2014 la oferta no consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

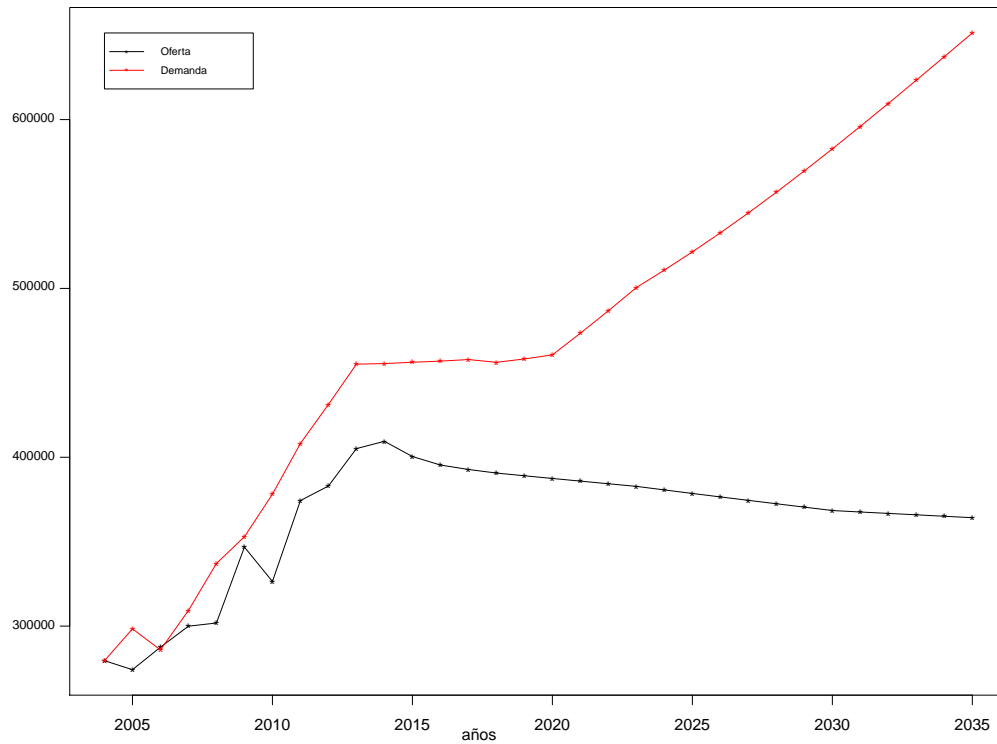


Figura 5.17: Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

En la siguiente figura 5.18 se muestra el modelo Holt versus demanda en el área de interés de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho, podemos observar que el año 2006 representa el punto de equilibrio donde oferta y demanda se igualan (considerando competencia perfecta) y según la proyección en 2020 la oferta no consigue acompañar la Demanda mostrándose así hasta el año 2035, la oferta sigue una tendencia constante.

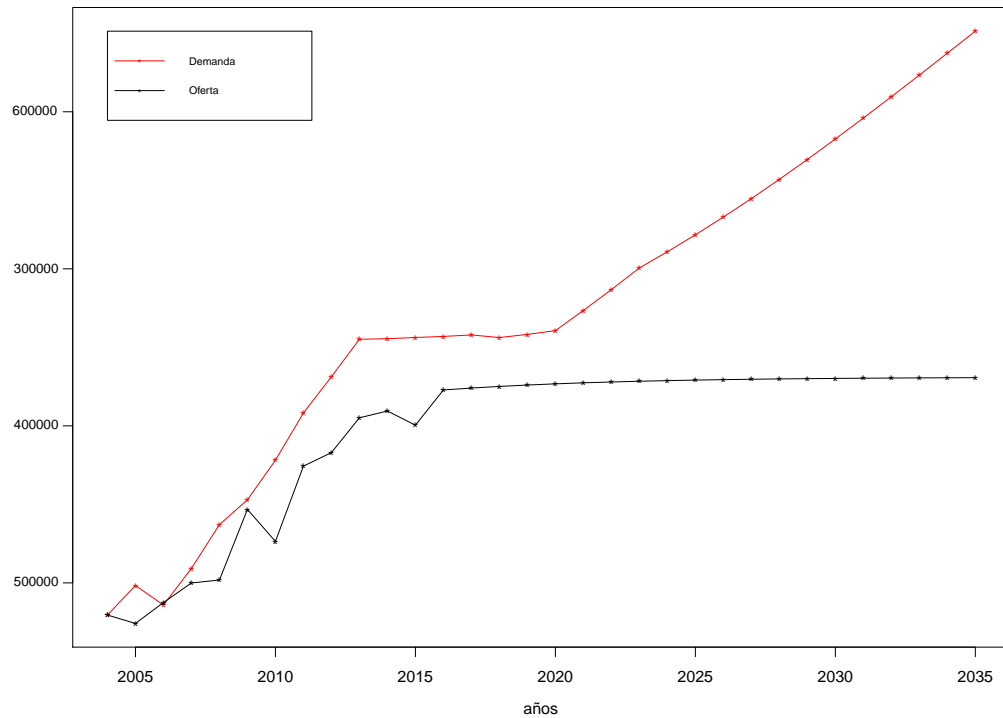


Figura 5.18: Proyección del modelo Holt para el área de Ciencias Sociales, Negocios y Derecho

5.2.2 Ingeniería, Producción y Construcción

En la siguiente figura 5.19 se muestra el modelo Box-Cox versus demanda en el área de interés de Ingeniería, Producción y Construcción, podemos observar que desde el año 2011 consigue tener un aumento significativo conjunto, mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

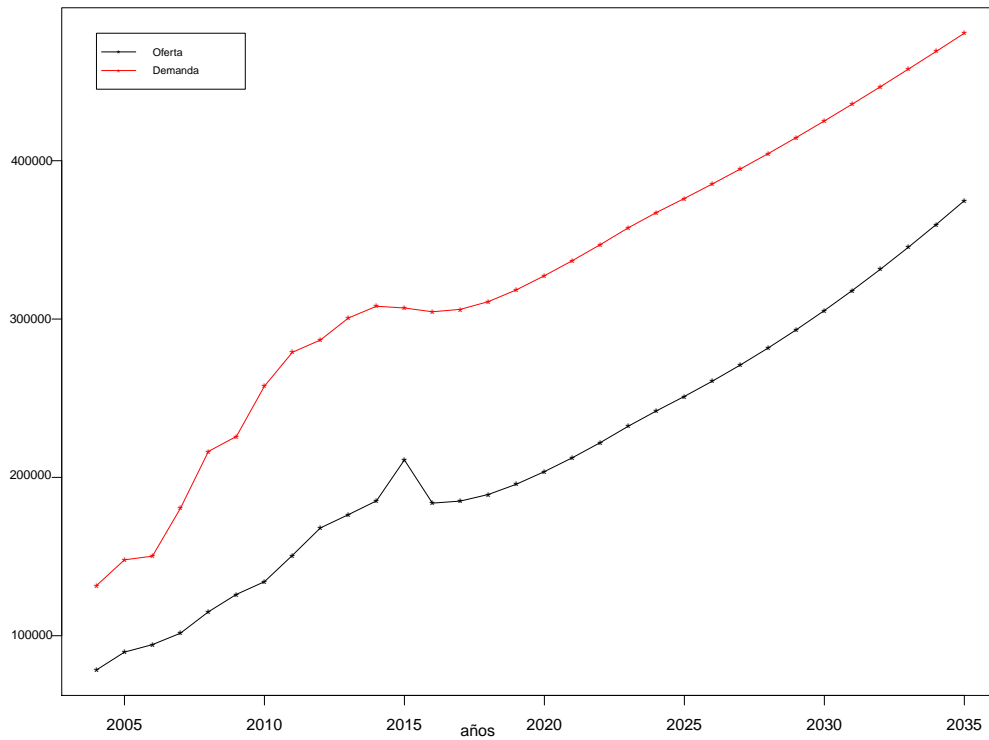


Figura 5.19: Proyección del modelo Box-Cox para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

En la siguiente figura 5.20 se muestra regresión dinámica versus demanda en el área de interés de Ingeniería, Producción y Construcción, podemos observar en el año 2009 la Demanda da una elevada significativa hasta el año 2015 y por el contrario la oferta no consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

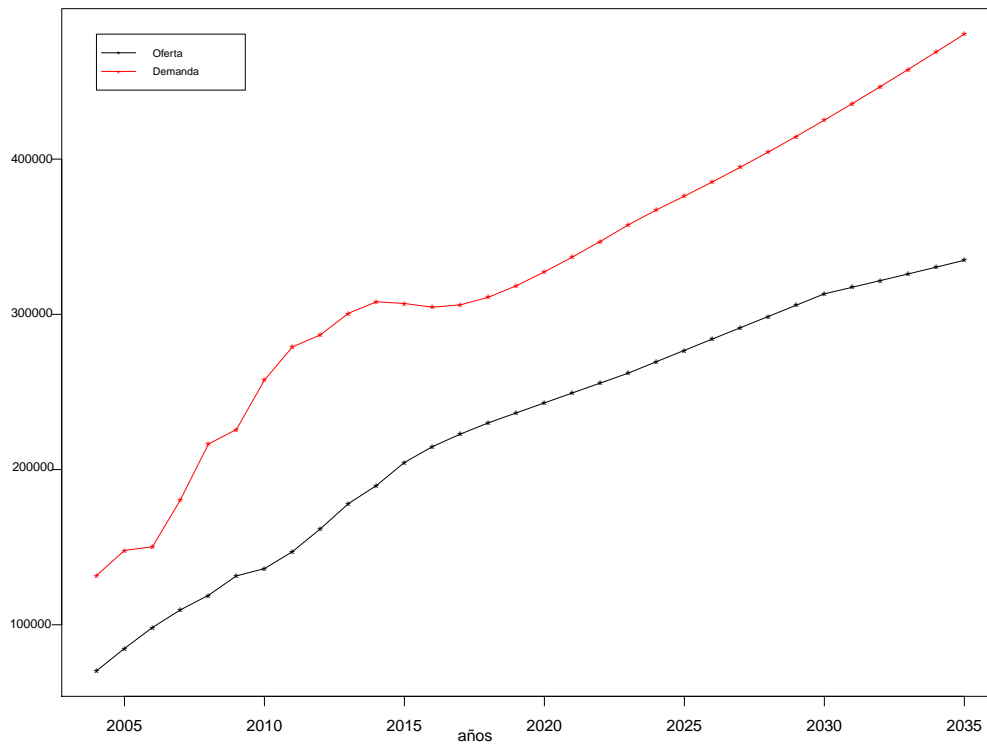


Figura 5.20: Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

En la siguiente figura 5.21 se muestra el modelo Holt versus demanda en el área de interés de Ingeniería, Producción y Construcción, podemos observar en el año 2009 la Demanda da una elevada significativa hasta el año 2015 y por el contrario la oferta no consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

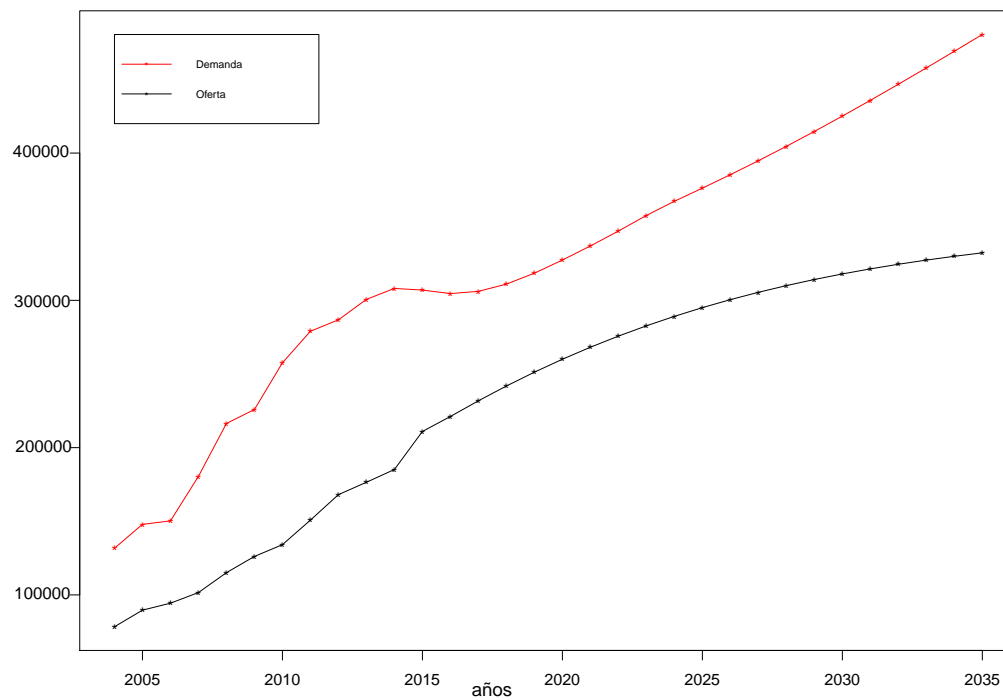


Figura 5.21: Proyección del modelo Holt para el área de Ingeniería, Producción y Construcción

5.2.3 Salud y Bien-Estar Social

En la siguiente figura 5.22 se muestra el modelo Box-Cox versus demanda en el área de interés de Salud y Bien-Estar Social, podemos observar en el año 2013 la Demanda da una elevada significativa en conjunto con la oferta de donde consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

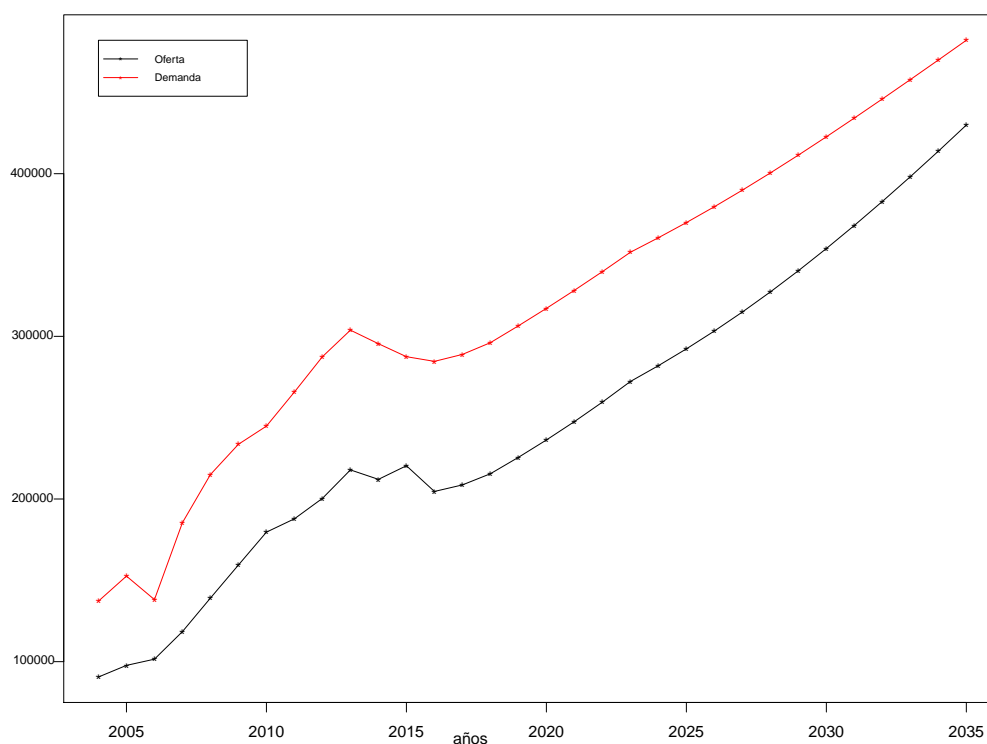


Figura 5.22: Proyección del modelo Box-Cox para el área de Salud y Bien-Estar Social

En la siguiente figura 5.23 se muestra el modelo regresión dinámica versus demanda en el área de interés de Salud y Bien-Estar Social, podemos observar en el año 2013 la Demanda da una elevada significativa y por el contrario la oferta no consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

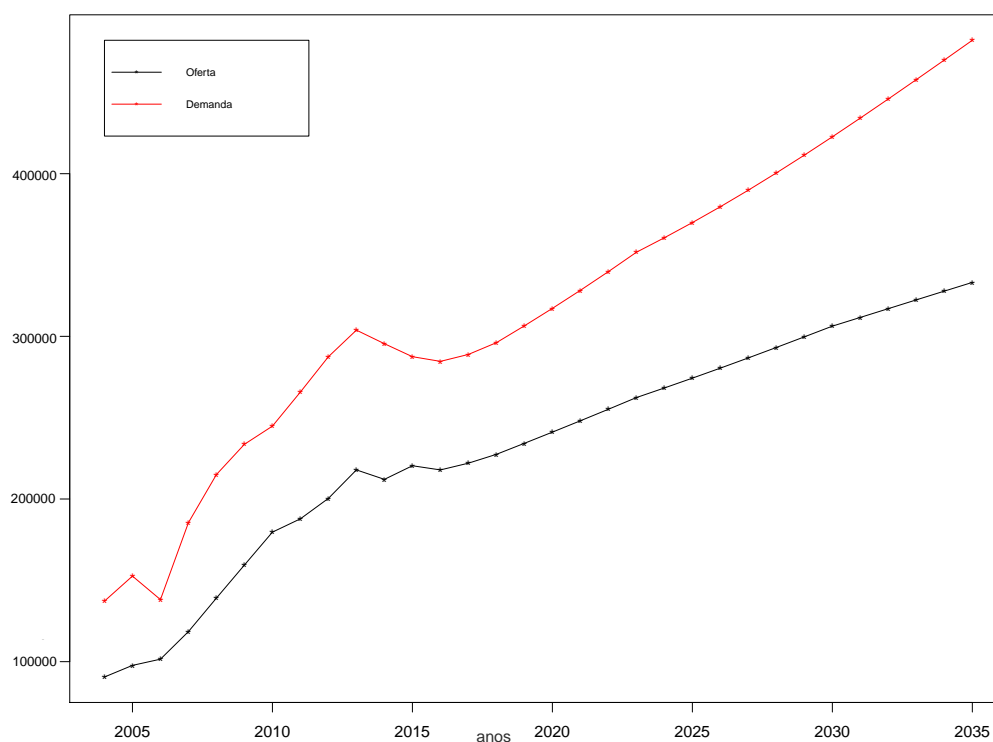


Figura 5.23: Proyección del modelo de regresión dinámica para el área de Salud y Bien-Estar Social

Fuente: Propia

En la siguiente figura 5.24 se muestra el modelo Box-Cox versus demanda en el área de interés de Salud y Bien-Estar Social, podemos observar en el año 2013 la Demanda da una elevada significativa y por el contrario la oferta no consigue acompañar la Demanda mostrándose así también en sus proyecciones hasta el año 2035.

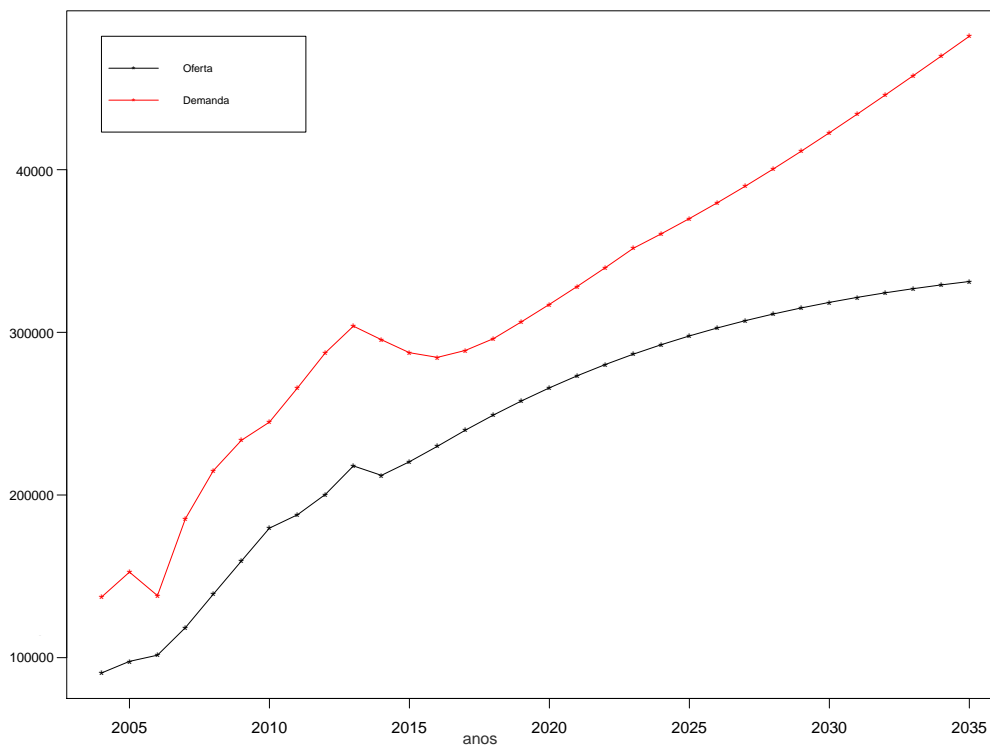


Figura 5.24: Proyección del modelo Holt para el área de Salud y Bien-Estar Social

5.3

Discusión de los resultados

Según los resultados de la sección 5.2, donde se hacen las figuras de las comparaciones de los modelos para cada área de interés, encontramos el desarrollo de tres modelos de regresión en particular resaltamos el modelo que mejor explico las tres variables de interés fue el modelo de Box-Cox el cual nos ha mostrado un buen comportamiento sobre la proyección de la Oferta de Educación Superior para los próximos 20 años, ya que este al momento de comparar los modelos presenta una correlación no inferior al 0,9 y un R^2 superior al 90% como se muestra en el MAPE; concluimos así por medio de las figuras realizadas y el ajuste del modelo, en donde la primera área de interés Ciencias Sociales, Negocios y Derecho nos arroja una correlación del 0,93; un $R^2 = 0,914$ y un MAPE de 11,24 relativamente pequeño en comparación a los otros dos modelos; de la segunda área de interés Ingeniería, Producción y Construcción nos arroja una correlación del 0,96; un $R^2 = 0,94$ y un MAPE de 31,21 relativamente pequeño en comparación a los otros dos modelos; y por último tercera área de interés Salud y Bien-Estar Social nos arroja una

correlación del 0,95; un $R^2 = 0,95$ y un MAPE de 20,40 relativamente pequeño en comparación a los otros dos modelos recordando que esas estimativas fueron el resultado del modelo de Box-Cox.

Como el objetivo general de este trabajo fue dar una contribución de como se dará la Educación Superior en el estado de São Paulo, en los próximos 20 años; teniendo en cuenta que este estado representa el universo de las áreas de interés de educación superior en Brasil. Es importante destacar que el Estado de São Paulo concentra más de 1.7 millones de alumnos matriculados eso quiere decir un total de 26,5% del total en cursos presenciales en las redes privada y pública.

Para llevar acabo este trabajo fue muy importante saber como se estaba dando la demanda de educación superior en Brasil, particularmente en el estado de São Paulo para tal fin se escogió como referencia el proyecto de CGEE/MEC realizado en 2015 para el MEC, modelo de proyección de la demanda de Educación Superior en los próximos 20 años de cual se eligió los resultados del estado de São Paulo con sus respectivas áreas estratégicas; ahora las variables de interés que fueron proyectadas para el estudio de la oferta de Educación Superior fueron seleccionadas a través de la investigación documental que se hizo en este trabajo. Para tal fin se usaron modelos estadísticos de regresión lineal tales como transformación de Box-Cox en la variable independiente, regresión dinámica y serie de tiempo (Holt), donde se consideraron datos de Inep de educación superior y datos del MTE. Este trabajo logro cumplir con sus objetivos en términos específicos las variables que inciden en la expansión de la Oferta de educación superior son Inscritos y Vacantes; la relación de Demanda y Oferta, fue mejor explicada por los modelos Box-Cox, ya que las comparaciones muestran a medida que aumenta la demanda, la oferta aumenta en la misma dirección; las áreas de interés la primera área de interés Ciencias Sociales, Negocios y Derecho; segunda área de interés Ingeniería, Producción y Construcción y la tercera área de interés Salud y Bien-Estar Social, donde se estudiaron tres modelos el primero transformación de Box-Cox, modelo de regresión dinámica y modelo Holt. Como resultado de la investigación estadística presentada, es posible concluir que de los tres modelos estudiados se puede ver un buen efecto sobre la oferta de educación superior en el estado de São Paulo, destacando así el modelo de la transformación de Box-Cox aplicado

a la variable explicativa Demanda, ya que este al momento de comparar cual es el modelo que mejor explica las variables oferta y demanda este nos arroja una correlación no menor que 0,9, de igual manera el R-ajustado es mayor que el 90% y un MAPE relativamente pequeño para cada área de interés estudiada: Ciencias Sociales, Negocios y Derecho; Ingeniería, Producción y Construcción; Salud y Bien-Estar Social, lo cual es muy significativo que el gobierno sepa en que cursos de Educación superior invertir en los próximos 20 años.

Como sugerencias este trabajo nos deja que podemos replicar los siguientes tres modelos de regresión, Modelo lineal con transformación no lineal de Box-Cox; Regresión dinámica; series de tiempo en particular método Holt para todo Brasil, teniendo en cuenta que ya existe un trabajo presentado por CGEE/MEC en el 2015 que tuvo como objetivo principal proyectar la demanda de educación superior de 20 años (horizonte 2015-2035) por áreas estratégicas de la economía, que son de interés del MEC y el Gobierno Federal. Por ultimo, para trabajos futuros se pueden aplicar otros métodos para la proyección de Demanda y Oferta por ejemplo Redes Neuronales y Lógica Fuzzy, Modelos Box-Jenkins, Machine Learning entre otros.

Referencias bibliográficas

- [1] MCMAHON, M. E. Higher education in a world market. Higher education, 24(4):465–482, 1992.
- [2] ON HIGHER EDUCATION, T. F. Higher education in developing countries: Peril and promise. Número 440. World Bank, 2000.
- [3] PORTO, C.; RÉGNIER, K. O ensino superior no mundo e no brasil-condicionantes, tendências e cenários para o horizonte 2003-2025: uma abordagem exploratória. Brasília, DF, 2003.
- [4] CONSELHO DE REITORES DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS AND UNESCO. Tendências da educação superior para o século XXI. Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, 1999.
- [5] LÓPEZ, N.; DE ALESSANDRE, V.; TORANZOS, L.; OTHERS. Informe sobre tendencias sociales y educativas en américa latina 2010. metas educativas 2021: desafíos y oportunidades. 2010.
- [6] ZHANG, L.; ZHU, C.; LI, N. The simulation and forecast of china education-economy system: Econometrics and system dynamics combining model. In: 2010 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION TECHNOLOGY AND COMPUTER, 2010.
- [7] AGARWAL, V. B.; WINKLER, D. R. Foreign demand for united states higher education: a study of developing countries in the eastern hemisphere. Economic Development and Cultural Change, 33(3):623–644, 1985.
- [8] STALLIVIERI, L. El sistema de educación superior de brasil: características, tendencias y perspectivas. Universidades, (34):2–4, 2007.
- [9] CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR, Brasil, Ministério da Educação (MEC), Notas estatísticas, 2015.
- [10] SEMESP. Mapa do Ensino Superior no Brasil. 2012.

- [11] SEMESP. Mapa do Ensino Superior no Brasil. 2016.
- [12] INEP, I. E peat censo da educação superior: 2011. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2013.
- [13] ARBIX, G. Caminhos cruzados: rumo a uma estratégia de desenvolvimento baseada na inovação. Novos Estudos - CEBRAP, p. 13–15, 07 2010.
- [14] ABRAHAO, P. V.; VIEIRA, E. T.; OLIVEIRA, E. A. Políticas industriais dos governos lula e dilma. 2014.
- [15] CALILI, R.; BARROS, N. Modelo de projeção da demanda de educação superior nos próximos 20 anos. Relatório técnico para el Ministerio de Educación. Brasília: Centro de Estudos Estratégicos - CGEE, 2015.
- [16] SEGRERA, F. L. Educación superior Superior Comparada: Tendencias Mundiales y de América Latina y Caribe. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), 21:13–32, 2016.
- [17] SEGRERA, F. L. Visión de la ii conferencia mundial de educación superior (cmes, 2009). Acta Scientiarum: Education, 32, 2010.
- [18] COUNCIL, B. The shape of things to come: Higher education global trends and emerging opportunities to 2020. London: British Council, 2012.
- [19] RUBY, A. International education supply and demand: Forecasting the future. International Educator, 23:52, 2014.
- [20] PEAK, I. M. Report: The shape of global higher education. London: British Council, 2, 2017.
- [21] DURHAM, B. B. R. Future education trends. Iiasa interim report, IIASA, Laxenburg, Austria, October 2013.
- [22] WEN-JIAN, Q.; GUANG-XING, T.; FENG, X.; ZHENG-HUI, L. An analysis for demand forecast and dynamic balance of supply and demand in higher education. 2011.
- [23] GROSS, F. M. Formula budgeting and the financing of public higher education: Panacea or nemesis for the 1980s the air professional file no. 3. 1979.

- [24] RUMPF, D. L.; COELEN, S. P.; CRERAN, F. J. **Estimating post-secondary student flow with limited data.** Research in Higher Education, 27:39–50, 1987.
- [25] GHAVIDEL, S.; JAHANI, T. **Higher education demand estimation & prediction by 2025 in iran.** Journal of Applied Research in Higher Education, 7:194–210, 2015.
- [26] DIAS SOBRINHO, BRITO, M. R. F. D. **La educación Superior en Brasil: principales tendencias y desafíos.** Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), p. 487–507, 2008.
- [27] TACHIBANA, MENEZES, Y. K. **Ensino superior no Brasil.** Educação e Sociedade Inspers, 14, 2015.
- [28] BARROS, A. D. S. X. **Grupo Estratégico de Análise da Educação Superior.** FLACSO,GEA; UERJ, LPP, p. 3, 2012.
- [29] BRASIL, C. **Planejando a próxima década: Conhecendo as 20 metas do plano nacional da educação.** Brasília: Ministério da Educação, 2014.
- [30] HUSSAR, W. J.; BAILEY, T. M. **Projections of education statistics to 2024.** National Center for Education Statistics, 2016.
- [31] SCHIEFELBEIN, E. **Oferta y demanda de educación superior en el area andina.** Estudios Sociales, (4).
- [32] MADSEN, H. **Time series analysis.** CRC Press, 2007.
- [33] WU, J.; WEI, S. **Time series analysis.** Hunan Science and Technology Press, ChangSha, 1989.
- [34] BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A. **Introduction to time series and forecasting.** springer, 2016.
- [35] STAPLETON, J. H. **Linear statistical models,** volumen 719. John Wiley & Sons, 2009.
- [36] EGOZCUE, J.; HAYMAN, D.; MARTIN, P. **Mammalia: Hayman, D. L. and Martin, P. G. Monotremata and Marsupialia.** Animal cytogenetics. Gebr. Borntraeger, 1974.
- [37] CRAVEN, B.; ISLAM, S. M. **Ordinary least squares regression.** Sage Publications, 2011.

- [38] HANKE, J. E.; WICHERN, D. W. **Pronósticos en los negocios**. Pearson Educación, 2006.
- [39] HELLAND, I. S. **Partial least squares regression and statistical models**. Scandinavian Journal of Statistics, p. 97–114, 1990.
- [40] PITA FERNÁNDEZ, S.; PÉRTEGA DÍAZ, S.. **Relación entre variables cuantitativas**. Cad Aten Primaria, 4:141–4, 1997.
- [41] BOX, G. E.; COX, D. R. **An analysis of transformations**. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), p. 211–252, 1964.
- [42] SAKIA, R. **The box-cox transformation technique: a review**. The statistician, p. 169–178, 1992.
- [43] KIM, M.; HILL, R. C. **The box-cox transformation-of-variables in regression**. Empirical Economics, 18(2):307–319, 1993.
- [44] ARRUFAT, J. L. **Técnicas econométricas para estimar funciones de demanda**. Asociación Argentina de Economía Política. Reunión Anual, Bahía Blanca, 1997.
- [45] SEARLE, S. **Linear Models**, volumen 1 de **Wiley Publication in Mathematical Statistics**. John Wiley & Sons, 2012.
- [46] CAMACHO, C. **Coefficiente de correlación lineal de pearson**. Análisis de Datos II. Universidad de Sevilla. Referencia Electrónica. Recuperado, 10, 2007.
- [47] MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. **Análise de séries temporais**. Blucher, 2006.
- [48] VIEIRA, V. **China: crescimento económico de longo prazo**. Brazilian Journal of Political Economy, 26:401 – 424, 2006.
- [49] HOLT, C. C. **Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages**. International journal of forecasting, 20:5–10, 2004.
- [50] MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting methods and applications**. John wiley & sons, 2008.
- [51] TAYLOR, J. W. **Exponential smoothing with a damped multiplicative trend**. International journal of Forecasting, 19:715–725, 2003.

- [52] BILLAH, B.; KING, M. L.; SNYDER, R. D.; KOEHLER, A. B. **Exponential smoothing model selection for forecasting**. International journal of forecasting, 22(2):239–247, 2006.
- [53] WINTERS, P. R. **Forecasting sales by exponentially weighted moving averages**. Management science, 6(3):324–342, 1960.
- [54] ZULUAGA, C. A. C.; ESCOBAR, S. C. B. **Metodología para la selección del parámetro alpha en el modelo de suavización exponencial: Un enfoque empírico**.
- [55] ZULUAGA, C. C. A. C.; CADAVID, U. D. C. **Optimización de parámetros y de valores de inicio para el modelo de holt basado en señales de rastreo**. Revista EIA, Issue 14, pp 115-124, 2010.