



**Centro de Investigación en Matemáticas, A. C.**

**MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPUTACIÓN**



**VIGENCIA**

Estudios de licenciatura o equivalente con conocimientos básicos y madurez en el manejo de conceptos y lenguaje matemático en las áreas de Cálculo Diferencial e Integral en una y varias variables, Álgebra Lineal, Probabilidad, Estadística y bases de Programación. Asimismo, con una fuerte motivación hacia la investigación aplicada y hacia la solución integral de problemas actuales que involucren grandes cantidades de datos y datos en altas dimensiones.

**ANTECEDENTES ACADEMICOS DE INGRESO**

<b>MODALIDAD</b>	Escolarizada con orientación profesional
<b>DURACION DEL CICLO</b>	Semestral, 15 semanas efectivas de clase
<b>CLAVE DEL PLAN DE ESTUDIOS</b>	2019

**OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN DE ESTUDIOS**

Formar a los alumnos en el razonamiento estadístico y la capacidad de implementación computacional en el entorno de la Ciencia de Datos con el fin de que se constituyan en elementos de innovación y de cambio, probado y bien fundamentado en la práctica de la estadística y el cómputo científico, a través de conocimientos teórico-prácticos que les permitan aplicar adecuadamente las principales herramientas estadísticas y computacionales disponibles en la actualidad y las que surjan en el futuro para la solución científica de diversos problemas técnicos derivados de la práctica de los



mismos.

#### **PERFIL DEL EGRESADO**

Los egresados de este programa serán capaces de:

- Asesorar con eficiencia el diseño y ejecución de proyectos de generación e integración de estadísticas, bajo metodologías de probada eficacia y utilizando las tecnologías más avanzadas.
- Aplicar con rigor científico los métodos de análisis estadístico en el estudio de fenómenos específicos, utilizando con propiedad las técnicas de evaluación, ajuste y estimación de parámetros a partir de datos.

Los egresados también tendrán las siguientes habilidades y conocimientos específicos:

- Bases sólidas en metodología estadística.
- Visión global del área de análisis de datos.
- Capacidad de análisis de información.
- Capacidad de comunicación de resultados.
- Capacidad de uso y desarrollo de software estadístico.
- Capacidad para el planteamiento de modelos estadísticos para el análisis de datos.



SEMESTRE	LISTA DE ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE	CLAVE	SERIACION	HORAS		CRÉDITOS	INSTALACIONES
				CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
1	Inferencia Estadística	MAEC19INE		60	100	10	A, L
	Álgebra Matricial y Optimización	MAEC19AMO		60	100	10	A, L
2	Modelos Estadísticos	MAEC19MES		60	100	10	A, L
	Programación	MAEC19PRG		60	100	10	A, L
3	Cómputo Estadístico	MAEC19CES		60	100	10	A, L
	Modelos Estadísticos Multivariados	MAEC19MEM		60	100	10	A, L
4	Ciencia de datos	MAEC19CDT		60	100	10	A, L
	Econometría y Estadística Espacial	MAEC19EEE		60	100	10	A, L

<b>SUMA</b>	<b>SUMA</b>	<b>SUMA</b>
<b>480</b>	<b>800</b>	<b>80</b>

LISTA DE ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS	CLAVE	SERIACION	HORAS		CRÉDITOS	INSTALACIONES
			CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
No se contemplan materias optativas						

NUMERO MINIMO DE HORAS QUE SE DEBERAN ACREDITAR EN LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS, BAJO LA CONDUCCION DE UN DOCENTE

NA

NUMERO MINIMO DE CREDITOS QUE SE DEBERAN ACREDITAR EN LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS

NA

NÚMERO MÍNIMO DE CRÉDITOS TOTALES (OBLIGATORIAS + OPTATIVAS)

80



**PROPUESTA DE EVALUACION Y ACTUALIZACION PERIODICA DEL PLAN DE ESTUDIOS**

El CIMAT designará un *Comité Académico de Posgrado* (CAP) integrado por 3 investigadores y un suplente de las áreas de Ciencias de la Computación y Probabilidad y Estadística, siendo personal de tiempo completo de CIMAT. Este comité estará a cargo de los aspectos académicos del programa incluyendo la planeación académica, evaluación y seguimiento del programa. Sus decisiones se tomarán de manera colegiada, siguiendo estos lineamientos para la Maestría en Análisis Estadístico y Computación y resolverá cualquier situación no prevista en los mismos.

**OPCIONES DE TITULACIÓN**

Para obtener el grado de Maestría, el alumno deberá cubrir un total de 80 créditos del plan de estudios. Haber aprobado el examen diagnóstico de inglés o presentar los comprobantes correspondientes, de acuerdo a lo establecido en el ARTÍCULO 6 de los Lineamientos Generales de la Maestría en Análisis Estadístico y Computación y cumplir lo siguiente:

- i) Tener un promedio de 9.5 o superior en el programa.
- ii) En caso de no alcanzar el promedio, deberá presentar un trabajo final que consistirá en la aplicación de técnicas dentro de las líneas de desarrollo del programa. En esta modalidad el estudiante deberá escribir un reporte breve sobre el trabajo desarrollado:
  - a. El trabajo deberá ser aprobado previamente por el CAP y posteriormente el estudiante lo defenderá ante un jurado formado expresamente para su evaluación.
  - b. Los miembros de este comité de evaluación podrán ser investigadores de CIMAT o externos y deberán ser aprobados por el CAP a propuesta de cada tutor.
  - c. Una vez cubierto el total de créditos, el alumno tendrá un plazo no mayor a 1 año para defender el trabajo final.

**Dr. Víctor Manuel Rivero Mercado**  
Director General



Programas de estudios

**Inferencia Estadística**

**CICLO  
SEMESTRE 1**

**CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19INE**

**Descripción:** Este curso cubre los conceptos fundamentales de la teoría estadística e inferencial, con un enfoque paramétrico y no-paramétrico contemporáneo, y se proporcionan los elementos de estadística Bayesiana que se podrán extender sobre los modelos a discutir en los cursos subsecuentes. Se pondrá énfasis en el uso de herramientas computacionales para la implementación de los métodos distribucionales e inferenciales

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Proporcionar las bases teóricas y de implementación computacional de la estadística inferencial, orientadas al manejo y análisis de grandes bases de datos.

**TEMAS Y SUBTEMAS**

- I. Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad**
  - Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias continuas
  - Procesos de Poisson
  - Transformación de variables
  
- II. Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad multivariadas**
  - Distribuciones multivariadas discretas y continuas
  - Independencia
  - Distribuciones condicionales y marginales
  - Esperanzas multivariadas y condicionales



El concepto de regresión  
Distribución Multinomial  
Normal multivariada

**III. Distribuciones muestrales y métodos de estimación**

Distribuciones muestrales  
Estimación puntual  
Máxima Verosimilitud  
Estimación por intervalos  
Bootstrap y jackknife  
Estimación no paramétrica (suavizadores y splines)  
Estimación bayesiana

**IV. Pruebas de Hipótesis e intervalos de confianza**

Definición de conceptos  
Pruebas para dos poblaciones normales independientes  
Pruebas para medias en muestras pareadas  
Cociente de verosimilitudes  
Pruebas para proporciones  
Pruebas de permutaciones

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases  
Sesiones de ayudantías  
Laboratorios de cómputo  
Individuales: tareas, estudio

**CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



Programas de estudios

**Álgebra Matricial y Optimización**

CICLO  
SEMESTRE 1

CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19AMO

**Descripción:** Este es un curso de álgebra lineal computacional que pone énfasis en los cálculos por computadora de los métodos que son útiles en estadística, cómputo científico y ciencia de datos. Los alumnos podrán implementar de manera eficiente y en un lenguaje de medio/bajo nivel, métodos estándar y computacionalmente intensivos encaminados al análisis de datos, así como conceptos de álgebra lineal que son importantes en las aplicaciones

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Proporcionar las herramientas de algebra matricial computacional necesarias para el estudio de cursos posteriores de estadística, cómputo científico y ciencia de datos.

**TEMAS Y SUBTEMAS**

**I. Conceptos básicos de álgebra lineal**

Espacios vectoriales  
Bases y dimensión  
Subespacios  
Proyecciones ortogonales

**II. Matrices**

Propiedades de matrices  
Inversa, rango de una matriz  
Sistemas de ecuaciones lineales  
Descomposiciones matriciales (LU, Cholesky)  
Matrices de proyección  
Mínimos cuadrados



### **III. Factorización de matrices**

Vectores y valores propios  
Descomposición espectral para matrices simétricas  
Descomposición en valores singulares (SVD)  
Descomposición QR  
Pseudoinversas  
Matrices ralas (sparse): conceptos

### **IV. Elementos de optimización**

Gradientes y Hessianos  
Condiciones para extremos  
Optimización con restricciones  
Multiplicadores de Lagrange

### **V. Optimización numérica**

Métodos de descenso basados en gradientes  
Métodos de Newton y Scoring  
Descenso cíclico por coordenadas  
Procedimientos estocásticos: Robbins-Monro

### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases  
Sesiones de ayudantías  
Laboratorios de cómputo  
Individuales: tareas, estudio

### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



## Programas de estudios

### Modelos Estadísticos

CICLO  
SEMESTRE 2

CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19MES

**Descripción:** El objetivo general de este curso es el de estudiar asociaciones entre variables, considerando aproximaciones a la expresión  $E(y|x)$ . Este es un problema básico en Estadística Aplicada. Se cubren los temas clásicos de Regresión Lineal, Modelos Lineales Generalizados, Modelos loglineales, y extensiones como Estimación bajo Regularización y Modelos Aditivos. Se incluye una introducción al tema de Regresión con datos obtenidos bajo esquemas de muestreo de poblaciones finitas.

#### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Dar las bases metodológicas de las técnicas clásicas de regresión para el análisis estadístico de datos.

#### TEMAS Y SUBTEMAS

##### I. Distribución normal multivariada

Propiedades básicas  
Distribuciones condicionales

##### II. Modelos de regresión

Regresión lineal  
Selección de modelos: AIC, validación cruzada  
Regularización: Ridge, Lasso  
Modelos aditivos  
Inferencia Bayesiana para modelos de regresión

##### III. Modelos lineales generalizados



Regresión logística  
Regresión Poisson  
Enfoque Bayesiano: Introducción a MCMC  
Modelos aditivos generalizados

**IV. Modelos loglineales**

Tablas de contingencia  
Inferencia para tablas de dos vías

**V. Inferencia en poblaciones finitas**

Conceptos básicos de muestreo de poblaciones finitas  
Estimadores de regresión bajo diferentes esquemas de muestreo

- muestreo simple
- por conglomerados en dos etapas

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases

Sesiones de ayudantías

Laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio

**CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



## Programas de estudios

### Programación

**CICLO**  
Semestre 2

**CLAVE DE LA ASIGNATURA**  
MAEC19PRG

**Descripción:** Es un curso introductorio para el manejo y análisis de datos mediante lenguajes de alto nivel (R o Python). Con los objetivos de realizar: análisis exploratorio de información, visualizaciones, así como la elaboración de reportes automatizados

#### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Mostrar los elementos básicos de programación, incluyendo las estructuras de datos más usadas y conceptos necesarios para el tratamiento de grandes volúmenes de información y métodos de cómputo intensivos

#### TEMAS Y SUBTEMAS

##### **I. Programación en lenguajes de alto nivel para análisis de datos (ej. R/Python)**

Introducción a programación orientada a objetos  
Representación de objetos dentro de cada lenguaje  
Estructura de los lenguajes (estructuras de programación, funciones, ambientes)  
Input/output de información (archivos, conexiones a bases de datos)

##### **II. Introducción a bases de datos relacionales**

Arquitectura y administración de bases de datos  
Lenguajes de bases de datos  
Conexiones de bases de datos relacionales con los lenguajes de alto nivel (R/Python)

##### **III. Creación de reportes interactivos y herramientas web**

Obtención de estadísticas descriptivas básicas con programación



Creación de reportes automatizados mediante librerías  
Elaboración de herramientas web para visualización y análisis (ej. Shiny)

#### **IV. Procesamiento en paralelo**

Introducción a la programación en paralelo  
Capacidad de análisis en paralelo multicore

#### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases

Sesiones de ayudantías

Individuales: tareas analíticas, laboratorios prácticos, estudio

#### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



## Programas de estudios

### Cómputo Estadístico

**CICLO  
SEMESTRE 3**

**CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19CES**

**Descripción:** En este curso, se mostrarán los conceptos básicos de cómputo y programación, así como la teoría necesaria para la aplicación de métodos computacionalmente intensivos. Se revisarán metodologías para la imputación de datos. Se hará especial énfasis en la programación y uso de software, así como en aplicaciones de interés.

### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Proporcionar las bases computacionales que sustentan a las principales aplicaciones de los modelos estadísticos, con un enfoque moderno, haciendo uso de algoritmos computacionales intensivos.

### TEMAS Y SUBTEMAS

#### I. Generación de variables aleatorias

Números pseudo aleatorios

Métodos congruenciales

Evaluación de métodos

Generación de v.a. continuas: métodos de inversión y aceptación/rechazo

Generación de v.a. discretas

Simulación

#### II. Métodos computacionalmente intensivos

Algoritmo EM y aplicaciones



Métodos de remuestreo, Bootstrap y aplicaciones  
Markov Chain Monte Carlo y aplicaciones  
Gibbs Sampling y aplicaciones

### **III. Métodos de imputación de datos**

Métodos basados en regresión y análisis de covarianza.  
Métodos basados en el algoritmo EM  
Imputación Bayesiana  
Métodos basados en técnicas de Machine Learning

### **IV. Redes bayesianas**

Axiomas de probabilidad, Probabilidad conjunta, marginal y condicional, independencia  
Teorema de Bayes, Teorema de Bayes con normalización, Redes bayesianas  
Inferencia en redes Bayesianas, O-ruidoso (Noisy-OR)  
Redes Bayesianas temporales: filtro de Kalman, su extendido y filtro de partículas

### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases  
Sesiones de ayudantías  
Laboratorios de cómputo  
Individuales: tareas, estudio

### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



Programas de estudios

**Modelos Estadísticos Multivariados**

**CICLO  
SEMESTRE 3**

**CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19MEM**

**Descripción:** En este curso se discuten los principales métodos multivariados considerando datos de escala y datos nominales. Se proporcionan las bases metodológicas para relacionar dos conjuntos de variables mediante el análisis de correlación canónica. Se discuten modelos basados en mezclas de distribuciones y sus aplicaciones en clasificación y clustering

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Conocer las características de los métodos multivariados más relevantes para el análisis de grandes conjuntos de datos con escala de medición de razón y nominal, haciendo un fuerte uso del recurso computacional.

**TEMAS Y SUBTEMAS**

**I. Inferencia sobre vector de medias**

Comparaciones simultáneas  
Método de Bonferroni  
Otros métodos de comparación de medias  
Varias poblaciones: MANOVA

**II. Modelo de Factores**

Modelo de factores ortogonales  
Estimación  
Modelo de factores confirmatorio

**III. Correlación Canónica**

Variables canónicas y correlaciones canónicas  
Extensión a más de dos grupos  
Relación con otras técnicas de dependencia entre conjunto de variables



#### **IV. Escalamiento Multidimensional**

Solución clásica: coordenadas principales  
Solución por Mínimos Cuadrados  
Modelos de Unfolding

#### **V. Análisis de Correspondencia**

Proyección óptima  
La distancia Ji-cuadrado  
Análisis de correspondencia múltiple

#### **VI. Mezclas de distribuciones**

Aplicación en clasificación

#### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases

Sesiones de ayudantías

Laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio

#### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



Programas de estudios

**Ciencia de datos**

**CICLO  
SEMESTRE 4**

**CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19CDT**

**Descripción:** En este curso se mostrarán métodos básicos de aprendizaje máquina y reconocimiento estadístico de patrones para el análisis de datos multivariados y aplicaciones en datos estructurados y no estructurados en un contexto de Ciencia de Datos.

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Mostrar los métodos básicos de aprendizaje supervisado, no supervisado, y métodos de visualización para datos en alta dimensión. Se hará especial énfasis en el uso computacional y aplicaciones en ciencia de datos

**TEMAS Y SUBTEMAS**

**I. Métodos de visualización y reducción de dimensión**

Técnicas básicas de visualización

Métodos de proyección y reducción de dimensión

Métodos basados en grafos

**II. Métodos de aprendizaje no supervisado**

El concepto de disimilaridad

Clustering

- Clustering jerárquico
- K-medias y métodos relacionados
- Métodos de Kernel y aplicaciones
- Kernel PCA
- Clustering espectral
- Datos no estructurados

**III. Métodos de aprendizaje supervisado**



Teoría de decisión estadística

Clasificación lineal

- Análisis discriminante lineal y cuadrático
- LDA de rango reducido

Regresión logística

Hiperplanos separadores y el algoritmo perceptron

Redes neuronales y redes profundos

Máquinas de soporte vectorial

Árboles de decisión y Boosting

#### **IV. Aplicaciones**

Procesamiento de lenguaje natural

- Análisis de sentimientos
- Análisis de textos

Grafos y redes sociales

#### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases

Sesiones de ayudantías

Laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio

#### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



Programas de estudios

**Econometría y Estadística Espacial**

**CICLO  
SEMESTRE 4**

**CLAVE DE LA ASIGNATURA  
MAEC19EEE**

**Descripción:** Conocer los principales modelos para datos con dependencia temporal y espacial. Se pondrá énfasis en los temas más importantes en econometría, incluyendo técnicas de reducción de la dimensionalidad, así como los conceptos básicos de estadística espacial para modelar fenómenos continuos y discretos

**OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Mostrar los modelos básicos con dependencia temporal y espacial

**TEMAS Y SUBTEMAS**

**I. Econometría**

Modelos SARIMA  
Raíces unitarias  
Cointegración  
Vectores Autorregresivos  
Vectores de Corrección de Error  
Modelos de Factores Dinámicos

**II. Estadística Espacial**

GIS y datos geoespaciales.

- Introducción y conceptos básicos
- Datos espaciales y modelos espaciales. Tipos de datos, análisis exploratorio y visualización.
- Sistema de información geográfico.
- Modelación de datos geoespaciales

Métodos de estimación de parámetros:



- Variogramas
- Ajuste de curvas para estimación de covarianza
- Máxima verosimilitud

**Métodos de predicción espacial:**

- Kriging simple y ordinario
- Kriging universal
- Kriging lognormal

**Análisis de procesos puntuales espaciales:**

- Modelos lineales generalizados
- Proceso Poisson espacial
- Clustering espacial
- Regresión Poisson

**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Clases

Sesiones de ayudantías

Laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio

**CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.



**ANEXO 3**

**Listado de acervo bibliográfico**

**Inferencia Estadística**

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to Probability with R.	Kenneth Baclawski	Chapman and Hall	2008
2	Libro	Introductory Statistics with R, 2 <sup>nd</sup> Edition	Peter Dalgaard	Springer	2008
3	Libro	A Modern Introduction to Probability and Statistics	F. M. Dekking, C. Kraaikamp, H. P. Lopushaä, L. E. Meester	Springer	2010
4	Libro	Probability with Applications and R	Robert P. Dobrow	Wiley	2014
5	Libro	All of Statistics. A concise course in Statistical Inference. 2nd Edition	Larry Wasserman	Springer	2004

**Álgebra Matricial y Optimización**

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Basics of Matrix Algebra for Statistics with R	N. Fieller	Chapman and Hall	2016
2	Libro	Optimization Techniques in Statistics	R. S. Rustagi	Academic Press	1994
3	Libro	Matrix Analysis for Statistics	J. R. Schott	Wiley	1997



### Modelos Estadísticos

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Bayesian and frequentist regression methods.	J. Wakefield	Springer	2013
2	Libro	Categorical data analysis	A. Agresti	Wiley	2002
3	Libro	Statistical learning with sparsity	T. Hastie, R. Tibshirani, M. Wainwright	CRC Press	2015
4	Libro	Model assisted survey sampling	C. E. Sarndal, B. Swensson, J. Wretman	Springer	1992

### Programación

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	R for marketing research and analytics	C. Chapman and E. M. Feit	Springer	2015
2	Libro	Dynamic Documents with R and knitr	Y. Xie	Chapman and Hall/CRC	2016
3	Libro	An Introduction to Statistics with Python	T. Haslwanter	Springer	2016
4	Libro	A primer on scientific programming with Python (Vol. 2).	H. P Langtangen	Springer	2009

### Cómputo Estadístico

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Random Number Generation and Monte Carlo Methods. Second Edition	James E. Gentle	Springer	2004
2	Libro	Handbook of Statistics 9, Computational Statistics	C. R. Rao	North-Holland	1993
3	Libro	Simulation. Fifth Edition	Sheldon M. Ross	Academic Press	2013
4	Libro	Bayesian Data Analysis. Third	Andrew	Taylor and	2014



		Edition	Gelman	Francis	
5	Libro	Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition	Stuart Russell and Peter Norvig	Pearson	2009

### Modelos Estadísticos Multivariados

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Applied Multivariate Statistical Analysis (6 <sup>th</sup> Edition).	R. A Johnson & D. W. Wichern	Prentice Hall	2007
2	Libro	Análisis de datos multivariantes	D. Peña	. McGraw Hill	2002
3	Libro	Modern Multivariate Statistical Techniques: Regression, Classification, and Manifold Learning.	J. Izenman	Springer	2008
4	Libro	Correspondence Analysis Handbook	J. P. Benzecri	CRC Press	1992
5	Libro	Statistical indicators: for the economic and social sciences	R. V. Horn	Cambridge University Press	1993
6	Libro	Statistical analysis for missing data, 2 <sup>nd</sup> . Ed	R. J. A Little & D. B. Rubin	Wiley	2002
7	Libro	An R and S-Plus companion to multivariate analysis	B. S. Everitt	Springer	2005

### Ciencia de Datos

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Modern Multivariate Statistical Techniques: Regression, Classification, and Manifold Learning.	J. Izenman	Springer	2008
2	Libro	The Elements of Statistical Learning	J. Friedman, R. Tibshirani, T. Hastie	Springer	2016



3	Libro	Pattern Recognition and Machine Learning	C. Bishop	Springer	2011
4	Libro	Deep Learning	I. Goodfellow, Y. Bengio	MIT press	2016

**Econometría y Estadística Espacial**

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Time Series: Applications to Finance with R and S-Plus	Ngai Hang Chan	Wiley	2010
2	Libro	New introduction to multiple time series analysis	H. Lutkepohl	Springer	2006
3	Libro	Dynamic factor models	J. H. Stock, M. W. Watson	Oxford University Press	2011
4	Libro	Time Series Analysis. 2nd Revised ed	William Wei	Pearson	2005
5	Libro	Spatial Point Patterns: Methodology and Applications with R	Adrian Baddeley, Ege Rubak and Rolf Turner	CRC. Press	2015
6	Libro	Model-based Geostatistics	Peter J. Diggle, Paulo J. Ribeiro Jr	Springer	2007
7	Libro	Applied Spatial Data Analysis with R	Roger S. Bivand, Edzer J. Pebesma, Virgilio Gómez Rubio	Springer	2013