



UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

"FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ"

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS



**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MASTER EN
BIOMATEMATICA.**

**MODELACION MATEMÁTICA PARA PREDECIR INDICADORES
ACADÉMICOS EN LA CARRERA DE AGRONOMÍA DE LA UNAH.**

AUTOR: Lic. YURISLAISI MOSQUEDA FRÓMETA



Carretera Tapaste y Autopista Nacional km 23,5
San José de las Lajas, Mayabeque , Cuba
e.mail: taboada@unah.edu.cu / rectora@unah.edu.cu
tel: (47) 86 3395-862908

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
“FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ”



FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MASTER EN
BIOMATEMÁTICA.**

**MODELACION MATEMÁTICA PARA PREDECIR INDICADORES
ACADÉMICOS EN LA CARRERA DE AGRONOMÍA DE LA UNAH.**

Autor: Yurislaisi Mosqueda Frómeta

Tutor: Dr. C. José Roberto Capó Pérez

Msc. Yolanda Rosa Jiménez

MAYABEQUE

2019

*"La educación no cambia el mundo, cambia a las
personas que van a cambiar el mundo"*

Paulo Freire.

Dedicatoria: A ti amor, hija mía razón de mi existir.

Agradecimientos:

A Dios que me dio la determinación para culminar una meta más en mi vida.

A Yolanda Rosa Giménez ejemplo de mujer guerrera, madre y profesional incansable. Gracias amiga

A José Roberto Capó maestro de dureza y conocimientos

Contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1. Referentes Teóricos y Metodológicos sobre Indicadores académicos en el proceso de gestión de la educación superior.	6
1.1 Universidad y Educación Superior.	6
1.1.2 Antecedentes históricos de la planeación en la educación superior.....	9
1.1.3 Planeación.....	10
1.1.4. Indicadores.	12
1.1.4.1. Tasas de Promoción.....	14
1.1.4.2 Eficiencia Académica Vertical.	15
1.1.4.3 Eficiencia Académica Terminal.	15
1.2 Antecedentes a los métodos cuantitativos de los indicadores educativos.....	16
1.3 Métodos cuantitativos. Series cronológicas y modelos de tendencias.	21
1.3.1 Modelación.	21
1.3.2 Modelos.....	22
1.3.2.1 Clasificación de los modelos.	23
1.4 Procesos Estocásticos.	24
1.4.1 Clasificación de los procesos estocásticos	24
1.5 Series Cronológicas o Temporales.....	26
1.5.1 Clasificación de las series temporales.	26
1.5.2 Objetivos del análisis de series temporales.	27
1.5.3 Técnicas de estudios de las series cronológicas.	28
1.5.4 Métodos Clásicos.	28
1.5.5 Otros modelos de tendencia.....	29
1.5.5.1 Métodos autorregresivos.....	30
1.6 Consideraciones para el trabajo con series temporales.....	31
Capítulo 2 Resultados y Discusión	36
2.1 Caracterización de la Universidad Agraria de la Habana.....	36
2.1.1. La Carrera de Agronomía en la UNAH.	36
2.2. Materiales y Métodos.	37

2.3 Resultados.....	40
2.3.1 Indicadores Académicos.....	41
2.3.1.1 Tasa de Promoción 1er año.....	41
2.3.1.2 Tasa de Promoción 2do Año.....	46
2.3.1.3 Tasa de Promoción 3er Año.....	49
2.3.1.4 Tasa de Promoción 4to año.....	52
2.3.1.5 Tasa de Promoción 5to año.....	54
2.3.1.6 Eficiencia Académica Terminal.....	57
2.3.1.7 Eficiencia Académica Vertical.....	60
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	66
ANEXOS:.....	74

Introducción.

La sociedad contemporánea está viviendo un ritmo de constante cambio, lo cual es el resultado de la acelerada producción e innovación científico-tecnológica y del lugar cada vez más protagónico que adquiere la información como insumo estratégico en el desarrollo de las naciones y de las organizaciones en particular. El desarrollo acelerado de las TICS corresponde a la demanda de información generada por la sociedad. El futuro se proyecta permeado de incertidumbre y riesgos. (Villalobos, 2003). La educación superior tiene la misión de enfrentar tales retos de conjunto con el proceso de masificación generado desde el pasado siglo. En tal sentido organizaciones internacionales como la UNESCO han planteado..."los establecimientos de enseñanza superior deberían adoptar prácticas de gestión con una perspectiva de futuro que responda a las necesidades de sus entornos. Los administradores de la enseñanza superior deben ser receptivos, competentes y capaces de evaluar regularmente -mediante mecanismos internos y externos- la eficacia de los procedimientos y las reglas administrativas". Por otra parte se plantea que la gestión y el financiamiento de la enseñanza superior exigen la elaboración de capacidades y estrategias apropiadas de planificación y análisis de las políticas, basadas en la cooperación establecida entre los establecimientos de enseñanza superior y los organismos nacionales de planificación y de coordinación a fin de garantizar una gestión debidamente racionalizada y una utilización sana de los recursos. (UNESCO; 1998).

El proceso de gestión en las Instituciones de Educación Superior (IES) debe tener en cuenta que estas funcionan como un sistema complejo formado por subsistemas que realizan tareas específicas y aunque en ocasiones son contradictorias estructural y funcionalmente, cuando actúan de manera articulada contribuyen al logro de los objetivos del sistema. (Capó, 2013).

En tal sentido (Baena ,2015) plantea que, para alcanzar una gestión eficiente en la educación superior es necesario contar con un sistema de planificación eficiente capaz de proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para conseguirlo. Por

lo que se precisa contar con un sistema de indicadores confiables que permitan monitorear de manera eficaz el proceso de planeación y por ende el de gestión.

Los indicadores educativos, pueden definirse como “instrumentos que permiten medir y conocer la tendencia o desviación de las acciones educativas, con respecto a una meta o unidad de medida esperada o establecida; así como plantear previsiones sobre la evolución futura de los fenómenos educativos” (SEP, 2005). Dentro de los indicadores educativos se encuentran: Indicadores del rendimiento académico e indicadores del gasto educativo entre otros.

Los indicadores de rendimiento académico de la educación superior han sido objeto de estudio de varias investigaciones a nivel internacional entre las que vale citar: La UNESCO (1998) creó el programa Millenium Project del American Council, para la Universidad de las Naciones Unidas. Muñoz, (2005) del gabinete de planificación de la Universidad la Laguna. Pita y Corengia (2005) de la Universidad de Mar del Plata, realizaron un estudio sobre su comportamiento en América del sur. Villalba y Salcedo (2008) realizan un estudio sobre relación entre el rendimiento académico en educación Media y el rendimiento académico en la Universidad “Sergio Arboleda” de Bogotá, Colombia. Rodríguez Ayan y Ruíz Díaz (2011) estudian el comportamiento diferencial de dos indicadores de rendimiento académico mediante modelos de regresión lineal multivariante en la carrera de Química de la Universidad de la República de Uruguay. Rosales (2010) creó un modelo para detectar la demanda educativa en el nivel medio superior en Méjico.

Cuba también ha investigado los indicadores de rendimiento académico entre los que se puede citar los estudios realizados por el CEPES (Almuiñas 2005-2006, Mayor 1993.)

En la Universidad Agraria de la Habana estudios de este tipo fueron realizados por Capó (1987), Torres y Lima (2003), (García 2009), estas investigaciones realizaron estudios cualitativos sobre el comportamiento de tales indicadores. Por otra parte, Jiménez et al (2012, 2014 y 2016) incursionan en el estudio de la aplicación de métodos cuantitativos a los indicadores educativos, en la carrera de

Agronomía. Ahora para darle continuidad a esta problemática en el contexto actual de la Universidad cubana se realiza la presente investigación cuyo

Problema científico es:

¿Cómo predecir el comportamiento de los indicadores de rendimiento académico: Tasa de Promoción, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical, en los futuros ciclos lectivos, en la carrera de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), para la toma de decisiones y la planificación del proceso de formación profesional?

Siendo el objeto de estudio:

Los indicadores de rendimiento académico, Tasa de Promoción, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical en el período de 1976 al 2017.

Que tiene como objetivo general:

Elaborar un sistema de modelos estadístico matemático para contribuir al proceso de gestión y planificación de la UNAH, mediante la predicción y descripción del comportamiento de los indicadores académicos.

Preguntas de investigación.

1. ¿Cuáles son los referentes teóricos y metodológicos asociados a la proyección de indicadores académicos en los centros de educación superior?
2. ¿Cómo se han comportado los indicadores académicos: Tasa de Promoción, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical en la carrera de Agronomía de la UNAH, en el período de 1976 a 2017 y cuales han sido las principales causas de su comportamiento.
3. ¿Cómo predecir el comportamiento de los indicadores académicos, Tasas de Promoción, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical, en los próximos cursos lectivos?

Tareas científicas:

1. Búsqueda, selección y análisis de información de los referentes teóricos y metodológicos sobre indicadores académicos de la educación superior.
2. Recopilación depuración y análisis de datos estadísticos existentes en el Departamento de Estadística de la UNAH.
3. Calculo de la Tasa de Promoción por año académico, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical.
4. Análisis descriptivos de las series cronológicas creadas para los indicadores académicos antes mencionados.
5. Selección del modelo mejor ajustado a cada serie temporal.
6. Validación de los modelos.

Novedad Científica:

A partir de criterios científicamente fundamentados se propone la implementación de modelos matemáticos que describen y predicen el comportamiento de los indicadores académicos en la carrera de Agronomía de la UNAH, al parecer no utilizados hasta el momento.

Contribución Práctica de la Tesis.

Se pone a disposición de las autoridades universitarias un sistema de modelos matemáticos capaz de predecir y describir el comportamiento de los indicadores académicos para la carrera de Agronomía de la UNAH.

Estructura de la Tesis:

1. Introducción.
2. Capítulo 1: Referentes Teóricos y Metodológicos sobre Indicadores académicos en el proceso de gestión de la educación superior.
3. Capítulo 2: Análisis y discusión de los resultados.
4. Conclusiones.
5. Recomendaciones.
6. Bibliografía.

Capítulo 1. Referentes Teóricos y Metodológicos sobre Indicadores académicos en el proceso de gestión de la educación superior.

1.1 Universidad y Educación Superior.

La universidad como institución social, al mismo tiempo que responde a las necesidades de la sociedad en que se asienta, ha sido también un agente de crítica y cambio de las condiciones que imperan en la sociedad. En casi todas las etapas de su evolución, ha estado presente este necesario y frágil equilibrio entre la permanencia y el cambio, entre su funcionalidad y adaptación al contexto y su función crítica. En gran medida, la diversificación y creciente complejidad de los sistemas educativos es reflejo de la variedad de respuestas que las organizaciones de educación superior dan a este dilema y de los vínculos que establecen al desarrollar sus funciones con los múltiples sectores e intereses presentes en la sociedad de la que forman parte. (Grediaga, 1999)

En sus orígenes las universidades se convirtieron en las instituciones que atesoraban todo el conocimiento de la sociedad. El desarrollo de las ciencias posibilitaba tal situación. Hasta la primera mitad del pasado siglo XX, era posible afirmar con bastante certeza que cuando una persona culminaba sus estudios universitarios estaba preparado para ejercer profesionalmente durante toda su vida, prevalecía entonces un sistema educativo cerrado, escolarizado, fragmentado y enciclopédico, centrado en una enseñanza homogénea y memorística (Horruitiner, 2006).

Delors (1996), planteo que el futuro inmediato traía como desafío el logro de un proceso continuo de desarrollo humano sustentable, basado en una cultura de paz y en una educación a lo largo de toda la vida. Ello porque frente a la velocidad del cambio tecnológico, la formación inicial no será suficiente para acompañar a los seres humanos el resto de sus vidas; por ende, necesitará adquirir conocimientos y habilidades técnicas durante toda la vida

Con la intención de encontrar soluciones a estos desafíos y poner en marcha un proceso de profundas reformas, la UNESCO convocó a la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI, en octubre de (1998), la cual

constituyó un punto de partida para importantes análisis y reflexiones sobre las necesidades y tendencias actuales de la enseñanza universitaria y cuya visión y acción han marcado pautas para nuevos cambios y su desarrollo futuro a nivel global.

Según se declara en esta Conferencia UNESCO (1998), la segunda mitad del siglo xx, pasará a la historia de la educación superior como la época de expansión más espectacular a escala mundial, el número de estudiantes matriculados se multiplicó por más de seis entre 1960 (13 millones) y 1995 (82 millones). Pero también es la época en que se ha agudizado aún más la disparidad, que ya era enorme, entre los países industrialmente desarrollados, los países en desarrollo y en particular los países menos adelantados en lo que respecta al acceso a la educación superior y la investigación y los recursos de que disponen. Ha sido igualmente una época de mayor estratificación socioeconómica y de aumento de las diferencias de oportunidades de enseñanza dentro de los propios países, incluso en algunos de los más desarrollados y más ricos. Si un país carece de instituciones de educación superior e investigación adecuada que formen a una masa crítica de personas cualificadas y cultas, no podrá garantizar un auténtico desarrollo endógeno y sostenible; los países en desarrollo y los países pobres, en particular, no podrán acortar la distancia que los separa de los países desarrollados industrializados. El intercambio de conocimientos, la cooperación internacional y las nuevas tecnologías pueden brindar nuevas oportunidades de reducir esta disparidad.

La educación superior ha dado sobradas pruebas de su viabilidad a lo largo de los siglos y de su capacidad para transformarse y propiciar el cambio y el progreso de la sociedad. Dado el alcance y el ritmo de las transformaciones, la sociedad cada vez tiende más a fundarse en el conocimiento, razón de que la educación superior y la investigación formen hoy en día parte fundamental del desarrollo cultural, socioeconómico y ecológicamente sostenible de los individuos, las comunidades y las naciones. Por consiguiente, y dado que tiene que hacer frente a imponentes desafíos, la propia educación superior ha de emprender la transformación y la renovación más radicales que jamás haya tenido por delante, de forma que la sociedad contemporánea, que en la actualidad vive una profunda crisis de valores,

pueda trascender las consideraciones meramente económicas y asumir dimensiones de moralidad y espiritualidad más arraigadas.

Además se planteó que: “Cada establecimiento de educación superior debería definir su misión de acuerdo con las necesidades presentes y futuras de la sociedad, consciente de que la educación superior es esencial para que todo país o región alcancen el nivel necesario de desarrollo económico y social sostenible y racional desde el punto de vista del medio ambiente, una creatividad cultural nutrida por un conocimiento y una comprensión mejores del patrimonio cultural, un nivel de vida más alto y la paz y la armonía internas e internacionales, fundadas en los derechos humanos, la democracia, la tolerancia y el respeto mutuo”.

La Conferencia Regional de Educación Superior de América Latina y el Caribe (CRESALC), celebrada en junio de 2008, en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia, bajo los auspicios del Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC) y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, con la colaboración de los gobiernos de Brasil, España, México y la República Bolivariana de Venezuela, en la cual participaron más de 3.500 integrantes de la comunidad académica regional, entre directivos, profesores, investigadores, estudiantes, funcionarios administrativos, representantes de gobiernos y de organismos nacionales, regionales e internacionales, de asociaciones y redes y otros interesados en Educación Superior. Esta Conferencia contribuyó a identificar los principales planteamientos de América Latina y el Caribe ante la Conferencia Mundial de Educación Superior, prevista para el año 2009, así como las ideas para la consolidación, expansión y creciente calidad y pertinencia de la Educación Superior en la región. (UNESCO/IESALC, 2008)

La CRESALC de 2008 hace un urgente y enfático llamado a los miembros de las comunidades educativas, particularmente a los encargados de la toma de decisiones políticas y estratégicas, a los responsables de los Ministerios de Educación, de Educación Superior, de Cultura y de Ciencia y Tecnología, a las organizaciones internacionales, a la propia UNESCO y a los actores y personas involucrados en las tareas educativas y universitarias, a considerar los

planteamientos y las líneas de acción que se han derivado del debate sostenido en ella acerca de las prioridades que la Educación Superior debe asumir, sobre la base de una clara conciencia respecto de las posibilidades y aportes que ésta reviste para el desarrollo de la región. También señala que, si bien se ha avanzado hacia una sociedad que busca cambios y referentes democráticos y sustentables, aún faltan transformaciones profundas en los ejes que dinamizarán el desarrollo de la región, entre los cuales, uno de los más importantes, es la educación y en particular la Educación Superior. Y como colofón de esta declaración se proclama la integración académica latinoamericana y caribeña como una tarea impostergable y necesaria para crear el futuro del Continente.

1.1.2 Antecedentes históricos de la planeación en la educación superior.

La extensión del proceso de planeación a la actividad social y educativa después de la 2da guerra mundial de conjunto con el fenómeno de masificación de la educación superior, demandaron un nuevo orden en la Educación Superior, múltiples reformas universitarias tuvieron lugar en diferentes partes del mundo, devenido de este proceso surge el Instituto Internacional de Planificación de la Educación Superior de la UNESCO en 1963, encargado de orientar el proceso de planeación de la Educación Superior (Rangel, 2003).

Cuba no ajena a este fenómeno, llevó a cabo en 1962 la Reforma Universitaria, cambiando el paradigma de la antigua universidad, creándose las condiciones para llevar a cabo la masificación de la Educación Superior. Las principales acciones que propiciaron este fenómeno fueron la creación de: becas universitarias, cursos para trabajadores, nuevas carreras, desarrollo de investigaciones científicas, se estableció el sistema de matrículas según las necesidades del país. En el período de 1972 a 1976 fueron creadas 27 filiales y sedes universitarias. En Julio de 1976 se creó el Ministerio de Educación Superior, comenzaron los primeros Planes de Estudios y con ellos el proceso de perfeccionamiento continuo del sistema de planificación. (MES, 2009).

1.1.3 Planeación.

La planeación es una creación del siglo xx, propia del ámbito económico, devenida de la teoría de la administración, con el propósito de organizar y prever la producción de bienes materiales y el desarrollo de la capacidad de satisfacer necesidades futuras a nivel nacional. (Rangel, 2003). La planificación es la función encargada de establecer objetivos, definir tareas y asegurar los recursos necesarios para alcanzar dichos objetivos. La organización determina la estructura interna del sistema que asegurará: el cumplimiento eficiente de los objetivos, las relaciones funcionales y de subordinación del mismo, los flujos de comunicación e información entre los subsistemas y la comunicación con el medio externo. La dirección constituye el vínculo entre los objetivos de la entidad y la ejecución de las tareas que aseguran su cumplimiento. El control es la función mediante la cual los ejecutivos se aseguran que las actividades planeadas se correspondan con las reales y es además la función que cierra el ciclo directivo (Capó, 2013).

Las características de la época actual, obligan a las organizaciones, encargadas de la formación de profesionales, a tomar conciencia sobre la necesidad de prepararse para enfrentar el porvenir, de manera que éste no se convierta en un elemento sorpresa y se esté preparado para recibirlo e intervenir sobre él. (Villalobos, 2003).

La educación, por su función histórica, ha sido y es un elemento de transmisión y preservación de los valores y de las normas de conducta que rigen la sociedad, sin embargo, como proceso social, tiene su dinámica propia y su papel en la definición de la nueva sociedad, apoyando los procesos de cambio y vinculándose con los agentes sociales de dicho cambio (Arizmendi, 1997). Es por ello que la planeación, como vía de previsión futura, representa para la educación superior, la posibilidad de definir el sentido y la orientación de la acción educativa y el papel que le tocará jugar en la formación histórico-social futura.

Las instituciones requieren conocer el comportamiento futuro de ciertos fenómenos con el fin de planificar, prever o prevenir. La planificación racional exige prever los sucesos del futuro que probablemente vayan a ocurrir. La

previsión, a su vez, se basa en lo que ha ocurrido en el pasado. Se tiene pues un nuevo tipo de inferencia estadística que se hace acerca del futuro de alguna variable o compuesto de variables basándose en sucesos pasados. La técnica más importante para hacer inferencias sobre el futuro con base en lo ocurrido en el pasado, es el *análisis de series de tiempo*. (Arellano, 2001)

La toma de decisiones, en el proceso de planificación, requiere de un sistema de predicción confiable, enmarcada en el contexto de la incertidumbre que existe respecto al futuro, y puede ser capaz de medir el riesgo. El conocimiento de acontecimientos futuros está afectado por el grado de incertidumbre, por lo que el proceso de predicción precisa la asignación de una probabilidad, lo cual se logra a través de modelos estadísticos y econométricos. (Cabrer, 2005).

La planeación trata de prever situaciones futuras y de anticipar hechos inciertos, prepararse para contingencias y trazar actividades futuras. (Salazar 2004). Por lo que propone al objetivo como aspecto fundamental, seguido de la determinación de diversas formas de acción y estrategias, encaminadas a conseguir los objetivos, en lo que es imprescindible el análisis y elección de la decisión más adecuada.

La planificación educativa es un elemento básico para darle dirección a la gestión y desarrollo del sistema educativo, y por ello es importante comparar los aportes de la planificación educativa cuantitativa y de la cualitativa, así como su complementariedad. Hay indicadores cuantitativos que reflejan estados y situaciones cualitativas del sistema educativo y escolar que deben ser abordados para poder mejorar la calidad de la educación. Por ello es indispensable definir la intención de su uso, ya que pueden ayudar a entender procesos cualitativos de difícil comprensión a simple vista, para lo cual se requiere diseñar experimentos o sistemas de información que las produzcan. Por otra parte el abordaje de lo cualitativo no significa el abandono total del problema de la cantidad, expresada fundamentalmente en el nivel de cobertura del servicio educativo. (Graffe, 2009).

En el proceso de planeación educativa se precisa contar con métodos cualitativos, cuantitativos y cuali-cuantitativos. Dentro de los cualitativos se encuentran el método Delphi, método Compass, método de los escenarios, Análisis de fuerza,

análisis morfológico, Ariole entre otros, mientras que en los cuantitativos están las series cronológicas, el uso de las probabilidades bayesianas y los métodos econométricos dentro de los cuali- cuantitativos está el Compass modificado, Matriz de decisión, juegos de simulación. (Miklos 2002, Godet 2007, Parra, Miklos, Herrera y Soto 2007).

Según Schiefelbein, (1978), *“para alcanzar los objetivos definidos, es preciso formular planes de acción que permitan al ejecutivo seleccionar una opción consistente con sus expectativas”*. El conducto para lograrlo, es sin lugar a dudas la ilimitada aplicación y explotación de los indicadores.

1.1.4. Indicadores.

Indicadores son instrumentos contruidos con datos cuanti y/o cualitativos que permiten relatar una historia sobre fenómenos que no son evidentes ni medibles directamente. Los indicadores mezclan datos y evolucionan con el tiempo y de acuerdo al espacio o territorio donde se vinculan se traducen en índices que son las medidas y estadísticas cuantitativas o escalas cualitativas que afinan o detallan cada indicador. (Miklos y Arroyo 2008).

Durante el proceso de planeación es posible recurrir a los indicadores en tres diferentes momentos: durante el diagnóstico, al momento de definir acciones que se llevarán a cabo para alcanzar los objetivos y metas planteados y al evaluar los planes o proyectos.

La utilización de indicadores al momento de realizar el diagnóstico permite integrar una visión tan completa del fenómeno en cuestión que será posible comunicar a las personas que toman decisiones o autoridades educativas el estado real de la situación. Asimismo, con base en ellos es posible determinar con mayor precisión un conjunto de objetivos globales, que al continuar con el proceso mismo de la planeación se convierten en metas o puntos de referencia por lograr, (SEP, 2005).

El sistema de gestión y por ende el de planificación en la educación superior puede evaluarse a través de los indicadores cuantitativos: tasa de promoción, tasa de repitencia, tasa de reincorporación, eficiencia académica, tiempo de duración promedio de las carreras, entre otros. Sobre estos indicadores autores como (Torres y Lima, 2003) han planteado que son referentes necesarios en el proceso de evaluación de la calidad.

La Organización de las Naciones Unidas desde 1976 se ocupó de armonizar los distintos programas de carácter internacional, con la finalidad de crear un sistema flexible de indicadores sociales capaz de adaptarse a los diferentes grados de desarrollo de los países o regiones, por lo que en 1989 publicó el Manual para tales indicadores, entre los que se encuentran los indicadores educativos, desglosados en cuatro puntos de interés:

1. Grado alcanzado y analfabetismo.
2. Matrícula y fracaso escolar.
3. Educación y capacitación de adultos.
4. Personal educativo y gastos en educación.

Sin embargo, tuvo el inconveniente de no especificar los tipos de indicadores utilizados en cada caso. (Delgado, 2002).

La SEP (2005), ha definido múltiples indicadores educativos de los que solamente se referenciarán, aquellos que son trascendentes al sistema de educación cubana y a la investigación que lleva a cabo la autora: Absorción, Aprobación, deserción, eficiencia terminal, egresados, retención, repitencia, reingreso e indicadores del gasto educativo.

$$\text{Absorción} = \frac{\text{Total de alumnos que ingresan el 1er año de la educación superior}}{\text{Total de alumnos que se gradúan del grado 12}}$$

$$\text{Aprobación} = \frac{\text{Total de aprobados}}{\text{Matrícula total}}$$

$$\text{Eficiencia terminal} = \frac{\text{Graduados de una cohorte}}{\text{Matrícula inicial de la cohorte.}}$$

$$\text{Deserción} = \frac{\text{Total de alumnos que abandonan los estudios por diferentes causas}}{\text{Matrícula total}}$$

$$\text{Repitencias} = \frac{\text{total de alumnos que repiten un año académico}}{\text{Matrícula total del año en que se incorporan}}$$

$$\text{Coeficiente de Egreso} = \frac{\text{Total de Egresados}}{\text{Matrícula total del último año académico .}}$$

$$\text{Gasto educativo por estudiante} = \frac{\text{gasto educativo}}{\text{alumno atendido}}$$

$$\text{Gasto educativo considerando el PIB per cápita} = \frac{\text{gasto por estudiante}}{\text{PIB per cápita}}$$

En Cuba se trabaja con tales indicadores, solo que en algunos casos se usan otros nombres, un ejemplo es el indicador “Aprobación” según la SEP que en Cuba se llama tasa de promoción, pero en ambos casos miden lo mismo. A continuación, se referenciarán los indicadores educativos que han sido objeto de estudio.

1.1.4.1. Tasas de Promoción.

La promoción es una magnitud que refiere la relación entre los estudiantes que promueven en el curso con relación a la matrícula real al iniciarse el mismo. Es una tasa de eficiencia utilizada en los niveles de materia (asignatura, disciplina, modulo, etc.) año académico, al nivel de carrera (programa) y también puede utilizarse para un ciclo de aplicación del programa y para los diferentes programas dentro de la Universidad dada. En esencia este indicador sobre y permite realizar valoraciones el rendimiento docente de la masa estudiantil. Según Vecino (1983), es el indicador fundamental para medir los resultados de cualquier sistema educativo. Constituye un elemento a tener en cuenta en el cálculo del indicador la

Eficiencia Académica Vertical. En opinión de (Torres y Lima 2003) este indicador es un referente necesario en la evaluación de la calidad educativa

1.1.4.2 Eficiencia Académica Vertical.

La Eficiencia Académica Vertical por curso académico es la relación porcentual devenida del producto de las tasas de promoción de los diferentes años académicos de un mismo curso escolar en una misma carrera. (Torres y Lima 2003, Vecino, 1983).

La eficiencia vertical al nivel de cada cohorte estudiantil y dentro de cada cohorte según la procedencia de los estudiantes se determina multiplicando las tasas de promoción para cada curso del ciclo de estudio sobre el número de años de duración y se expresa en porcentos. (Torres y Lima 2003)

1.1.4.3 Eficiencia Académica Terminal.

El número de estudiantes que finalizan sus estudios en relación al número de los mismos que ingresaron en el primer curso de esa promoción o la graduación que se alcanza al final de un ciclo en relación con los que ingresaron, es conocido indistintamente como eficiencia académica terminal (Vecino 1983) eficiencia terminal (Vidales 1992, Zepeda 1999).

Este indicador utilizado como expresión del rendimiento académico de una población estudiantil es a su vez reflejo de la eficiencia del modelo pedagógico para un ciclo de aplicación y refiere con bastante exactitud la calidad interna del sistema educativo (Torres, et.al., 2004), es además un primer referente en el estudio particular del comportamiento escolar de los alumnos, en la medida que proporciona elementos para una primera aproximación de los recorridos escolares completos o incompletos (Camarena, 1985).

Por su parte Anuies, (2001) plantea un mayor rigor en el cálculo de la Eficiencia Terminal, para el cual deben utilizarse cohortes reales. En este caso su definición está dada por el cociente resultante de dividir el número de alumnos pertenecientes a una cohorte dada que egresa de dicho programa en cierto momento, entre los alumnos que entraron a ese programa en un momento anterior.

Especialistas del Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación Superior (Patricia Díaz y De Grauwe 1995.; Carron 1996), plantearon la necesidad de desarrollar un sistema de indicadores accesibles, fácilmente utilizable y confiable que permita decidir y definir estrategias adecuadas para el funcionamiento de la educación superior, así como llevar a cabo una adecuada planificación de la calidad, lo cual es una prioridad de muchos países.

En América Latina, expertos en esta temática como García Carmen (1997), al analizar la situación y proyección de las investigaciones pedagógicas, refiere que en la región urge la necesidad de realizar investigaciones que conduzcan a la creación de un sistema de información cuantitativa confiable y actualizada, sobre el comportamiento de tales indicadores, de manera que puedan ser utilizados tanto en la toma de decisiones como en la elaboración y síntesis de la información, para resaltar lo que se necesite y tener claro lo que hay que descartar, para que no produzca ruidos que puedan perturbar los aspectos esenciales. Por tanto les corresponde a los investigadores de las Instituciones de Educación Superior participar en investigaciones cuantitativas para actualizar y analizar las principales variables que den cuenta del estado de sus propias instituciones.

1.2 Antecedentes a los métodos cuantitativos de los indicadores educativos.

Los métodos estadísticos matemático empleados en la proyección de tales indicadores se encuentran en los trabajos realizados por Jacoby, E.G "Methods of School Enrollment Projection Educational Studies (UNESCO 1959) con el método de supervivencia del Cohorte, para una institución específica, generalizado para varias instituciones de Educación Superior por Liu, A.G 1966 en el trabajo "Estimating Future School Enrollment in Developing Countries. A Manual of Methodology Statistical Reports and Studies. Los métodos de regresión lineal múltiple fueron aplicados por Brown, BW y Savage, R en 1960, encontrados en "Methodological Studies in Educational Attendance Prediction. University of Minnesota, Department of Statistics, Mineapolis. Estos autores en 1963 presentan el método del flujo escolar, para esta misma institución. El empleo de las cadenas de markov para representar las diferentes transiciones que tienen lugar en la educación superior fue abordado por Correa H. 1963 y Thorestad, T., 1964. En Cuba (Mayor, 1993) identifica al flujo de estudiantes por el sistema de

la Educación Superior como proceso estocástico e histórico, proponiendo además que tales indicadores sean tratados como series de tiempo, para que contribuyan al sistema de información para la planificación de la educación superior en Cuba. Además, considera que para este tipo de series existen múltiples modelos de tendencia entre los que se encuentran: el lineal, cuadrático, exponencial, logístico, autorregresivos entre otros.

Jaramillo (2012), propone modelos matemáticos de pronósticos basados en series cronológicas, medias móviles y suavizado exponencial para la planeación en instituciones de Educación Superior aplicados en La Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, de Perú y en la Universidad Nacional de Colombia.

Kleiman (1997), crea una metodología para la planeación de la demanda de matrícula en la UNAM haciendo usos de los métodos antes mencionados refiriendo que los más usuales son:

- El método de proporciones;
- El método de supervivencia de cohortes;
- El método de regresión;
- El método del flujo escolar.
- El método de los promedios móviles;
- El método de filtrado exponencial, y
- El método de Box y Jenkins.

El método de proporciones

Trabaja con datos históricos (devenidos del sistema de información estadística de la educación superior) de una determinada región, formando las proporciones de la siguiente forma: el denominador está dado por la población total que cada año está en edad de ingresar a la educación superior y el numerador es la cantidad real que ingresa. A estas proporciones se aplican técnicas estadísticas: como filtrado exponencial, medias móviles entre otras que facilitan los pronósticos.

También aplica esta herramienta para hacer pronósticos para las proporciones referidas a la deserción, repetición, promoción.

Método de la supervivencia de la cohorte.

Dado el ingreso total de estudiantes al primer semestre (cohorte) y conociendo los índices de retención para cada uno de los niveles sucesivos (en función de la deserción, migración y mortalidad), se puede seguir el recorrido de esa cohorte desde su inscripción inicial y a través de los niveles subsecuentes. En el supuesto de que esas tasas permanezcan invariables para cohortes sucesivas, es factible predecir la distribución de los estudiantes entre diversos niveles para cualquier período futuro, lo que permite efectuar diversos tipos de proyecciones, en tal sentido se habla de un enfoque mecanicista si por el contrario las tasas de retención son funciones dependientes del tiempo y de diversas variables sociológicas y culturales el enfoque es dinámico.

El método de regresión.

Consiste representar el crecimiento de la población estudiantil mediante una ecuación compuestas por variables necesarias tanto de tipo interno del sistema educativo como variables exógenas que reflejan diferentes fenómenos externos que inciden en el mismo y por supuesto se requiere de una fuerte herramienta estadística primero haciendo uso de la “prueba de significación t” seleccionando las variables imprescindibles y después haciendo inferencias sobre los valores máximos (predicción optimista) y mínimos (predicción pesimista) y determinando la probabilidad de ocurrencia para determinar el más probable.

Método del flujo escolar

Este método trata de caracterizar los aspectos de dinámica de la población estudiantil, a través de un modelo de todo el sistema escolar a nivel de estudios superiores, para la región que se esté analizando. A estos efectos se desglosa la población estudiantil, por nivel de progreso en el sistema y por sus características académicas a fin de estimar cuales son las probabilidades, a cada nivel, de permanecer en el mismo nivel (repetición), de salir del sistema (deserción), de retornar a él (reanudación), de pasar al nivel siguiente (promoción), o de

desplazarse a otra característica académica (cambio de carrera, cambio de área, entre otros).

Este análisis detallado de la estructura del sistema en un momento dado, es de naturaleza descriptiva y estática. Sin embargo, el manejo de los valores probabilísticos que se derivan del análisis estadístico preliminar, permite extrapolar inferencias sobre el comportamiento probable futuro de la misma estructura, y por lo tanto llegar a un planteo dinámico, orientado a la planeación del sistema. En el diseño de los elementos básicos para la captación de la información estadística que permitirá implementar el modelo, en lo cuantitativo, intervienen diversos aspectos metodológicos.

El método de los promedios móviles.

Este método depura los datos disponibles mediante el cálculo de promedios ponderados, a fin de eliminar los efectos de factores de naturaleza estacional o irregular. Cada valor resultante de la aplicación de esta técnica, es el promedio de un cierto número de valores consecutivos de la serie cronológica original, en que dicho número se elige de modo de lograr los resultados más depurados. Cada promedio sucesivo prescinde del dato más antiguo de la serie e incorpora el dato más reciente disponible, por lo que el valor resultante combina información histórica con información actual.

El método del filtrado exponencial.

El filtrado exponencial perfecciona la técnica anterior, ya que al promediar los valores de la serie concede mayor importancia a la información más reciente, y pondera débilmente a los datos más antiguos. Esto significa que cada valor sucesivo de la serie filtrada, representa una información más actualizada, que incorpora la evolución reciente del fenómeno. Además, dado que existen diversas variantes de esta misma técnica, es factible expresarla como un sistema adaptivo, que corrige cada valor pronosticado previamente, con una proporción del error cometido en esa predicción.

El método de Box-Jenkins.

El método de filtrado exponencial resulta ser un caso particular de las técnicas de Box-Jenkins. Estas consisten en la selección de un modelo matemático adecuado a la evolución de la serie de tiempo existente, la estimación estadística de sus parámetros, y el ajuste de los datos de la serie a ese modelo teórico. Esta técnica ha resultado ser más precisa que las antes mencionadas, ya que los errores que asigna a la historia son los menores posibles. Es de notar que expresa explícitamente los datos pasados que utiliza, dando así un indicador de su habilidad predictiva; y permite calcular intervalos de confianza para el pronóstico, es decir un margen de precisión para la estimación realizada.

Conclusiones del epígrafe.

La planeación educativa precisa tener en cuenta que la principal función de la educación es formar hombres altamente capacitados, comprometidos con la sociedad a conservar los valores y a enfrentar el desarrollo de la ciencia y la técnica de manera transformadora en beneficio de la sociedad. En tal sentido es preciso que el proceso de planeación se encargue de: elaborar objetivos (orientados a construir el futuro deseado) y trazar acciones ordenadas en el tiempo, que conduzcan al cumplimiento de los objetivos así como garantizar los insumos necesarios. Para lo cual se necesita el uso de indicadores, compartiendo criterios con autores de la talla de Schiefelbein (1978), Miklos y Arroyo (2008), se propone el uso de indicadores educativos y de métodos cuantitativos para perfeccionar el proceso de gestión de la educación superior.

1.3 Métodos cuantitativos. Series cronológicas y modelos de tendencias.

En opinión de Miklos (2002), solo con el empleo de métodos cuantitativos, se pueden hacer predicciones, pronósticos y proyecciones del comportamiento de determinado fenómeno. Las predicciones se basan en visiones teóricas determinísticas sobre lo que necesariamente habrá de suceder en el futuro, mientras que los pronósticos representa juicios razonados sobre el desarrollo de eventos futuros generalmente probables. En tanto que las proyecciones se basan en aplicación de métodos econométricos, donde datos del pasado y del presente son llevados a través de diferentes métodos matemáticos estadísticos hacia el futuro. Brindando información sobre la trayectoria de un evento en el futuro asumiendo la continuidad de un patrón histórico. Dentro de los métodos cuantitativos se encuentra la modelación.

1.3.1 Modelación.

En la esfera de las investigaciones educativas la modelación “es un método del nivel teórico creado para reproducir y analizar los nexos y las relaciones de los elementos que están inmersos en un fenómeno determinado y que es objeto de estudio” (Ruiz, 2003).

“La modelación es el proceso mediante el cual se crea una representación o modelo para investigar la realidad”, siendo el modelo científico “un instrumento de la investigación de carácter material o teórico, creado por los científicos para reproducir el fenómeno que se está estudiando” (Pérez 2006).

Según (Arteaga 2018), se asumen los siguientes pasos básicos de la modelación, como el método científico para la construcción del modelo propuesto:

1. Realizar un análisis objetivo y concreto del objeto de modelación, descubriendo el conjunto de conexiones internas del mismo en todos sus aspectos, movimiento y desarrollo.
2. Indagar los aspectos y momentos contradictorios considerando al proceso como una totalidad y unidad de contradicciones.

3. Examinar el conflicto interno de los opuestos, el desenvolvimiento de las luchas, sus cambios, alteración y sus tendencias.
4. Comprobar en la realidad el resultado de la abstracción (modelo), de lo pensado y decidido para generalizarlo y explicarlo racionalmente a partir de un sistema.
5. Profundizar y ampliar constantemente la investigación, sin tomar jamás el conocimiento teórico sistematizado como lo acabado, definitivo e inmutable.

1.3.2 Modelos.

La Real Academia de la Lengua Española define modelo, en la acepción más adecuada al tema que se presenta, *“como un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento”*. Un modelo es una representación simplificada de una realidad, usada para predecir o comprobar su comportamiento frente a situaciones nuevas. Para elaborar un modelo es necesario plantear una serie de hipótesis de manera que lo que se quiere representar esté suficientemente plasmado en la idealización, aunque también se busca, normalmente, que sea lo bastante sencillo como para poder ser manipulado y estudiado (Valderrama, 2009). Por su parte Lieberman (2000), plantea que un modelo es, necesariamente una idealización abstracta del problema, por lo que casi siempre se requieren aproximaciones y suposiciones de simplificación si se quiere que el modelo sea manejable (susceptible de ser resuelto).

Se entiende por modelo a toda representación de algún aspecto de la realidad (Gallagher y Watson, 2005). Por su parte Vitoriano (2012), plantea que para definir modelo es preciso entender que un sistema es un conjunto de objetos o ideas que están interrelacionadas entre sí como una unidad para la consecución de un fin. A la representación simplificada de un sistema es a lo que se llama modelo, lo que constituye una abstracción del mismo.

Existen dos procedimientos para obtener modelos de sistemas:

- *Análisis teórico o método deductivo*: con este procedimiento se lleva a cabo un estudio cualitativo de los fenómenos que caracterizan el comportamiento del sistema, que son plasmados en relaciones matemáticas concretas que definen las ecuaciones descriptivas del proceso. Para dar una respuesta con este tipo de modelos hay que resolver las ecuaciones descriptivas del proceso, tarea que en ocasiones es especialmente difícil.
- *Análisis experimental o método inductivo*: consiste en construir un modelo matemático a partir de medidas realizadas sobre el sistema, dando una descripción detallada de cómo evoluciona a lo largo del tiempo, con el fin de observar el comportamiento del modelo y llevar a cabo experiencias con él: simulación del modelo.

1.3.2.1 Clasificación de los modelos.

1. Pueden ser normativos y descriptivos: los primeros se expresan a través de normas o guías para determinados procedimientos mientras que los segundos describen la realidad pero no incluyen ninguna connotación de lo bueno o lo malo de lo óptimo o sub óptimo.
2. Los modelos también se clasifican atendiendo a las características físicas en concreto o abstracto: Los modelos concretos tiene en general características físicas en común con la realidad mientras que los abstractos no.
3. Por la forma de clasificar los modelos es atendiendo al tipo de aplicación y de técnica. En el primer caso puede ser de inventario o de producción en cuanto a la técnica pueden ser de programación lineal o no.
4. Los modelos para la toma de decisiones se clasifican atendiendo al tipo de escenario si es con certidumbre (deterministas) y si es con riesgo (probabilísticos).
5. En base al nivel de conocimiento sobre el resultado del fenómeno sobre el que se ha construido un modelo, éste puede clasificarse en *determinista*, donde el resultado se conoce *a priori* sin incertidumbre, o estocástico, donde no se tiene certeza sobre el mismo sino tan solo se conoce la probabilidad de diversas opciones (Valderrama, 2009).

1.4 Procesos Estocásticos.

La teoría de los procesos estocásticos se centra en el estudio y modelización de sistemas que evolucionan a lo largo del tiempo, o del espacio, de acuerdo a unas leyes no determinísticas, de carácter aleatorio (Mascareña, 2013).

Se llama variable aleatoria (v.a) a toda aplicación que asocia a cada elemento del espacio muestral (Ω) de un experimento, un valor. Si el conjunto de valores tomado por la variable es un conjunto numerable la variable aleatoria es discreta si el conjunto no es numerable, la variable es continua. Una variable aleatoria es una función X que asigna un valor a cada resultado del experimento (Vitoriano, 2012).

Un proceso estocástico $\{X_t\}_{t \in T}$ es un conjunto de variables aleatorias definidas todas sobre un mismo espacio de probabilidad (intuitivamente se diría que miden lo mismo pero en distinto instante de tiempo o punto espacial). Al conjunto de los posibles valores que pueda tomar la variable aleatoria se le denomina espacio de estados y se denota por la letra E , y puede ser continuo o discreto. Al conjunto T de subíndices se le denomina conjunto paramétrico y puede ser continuo o numerable, en el primer caso el proceso es denominado proceso en tiempo continuo mientras que en el segundo caso se denomina proceso en tiempo discreto (Salinas, 2009; Rincón 2011; Vitoriano, 2012).

1.4.1 Clasificación de los procesos estocásticos

La clasificación de los procesos estocásticos puede realizarse de diversas formas (Valderrama 2009; Rincón 2011, Mascareña 2013).

Una primera forma es atendiendo al carácter del espacio de estados y del espacio paramétrico, pudiendo presentarse cuatro modalidades de procesos, según éstos sean:

- Espacio de estados discretos y conjunto paramétrico discreto. También se le conoce como cadena.
- Espacio de estados discretos y conjunto paramétrico continuo o proceso puntual

- Espacio de estados continuos y conjunto paramétrico discreto o sucesión de variables aleatorias.
- Espacio de estados continuos y conjunto paramétrico continuo o proceso continuo.

Una segunda clasificación considera que los procesos pueden ser estacionarios o evolutivos, según se mantenga o no su distribución en el tiempo.

- Un proceso es estacionario en covarianza o estacionario débil o de segundo orden si se verifica que la media y la varianza de todas las variables es la misma y la covarianza entre dos variables del proceso solamente depende de la diferencia entre sus índices y no de sus valores absolutos.
- Un proceso $\{X_t: t \geq 0\}$ es estacionario en sentido estricto si para cualesquiera tiempos $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ la distribución del vector $(X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_n})$ es la misma que la del vector $(X_{t_1+h}, X_{t_2+h}, \dots, X_{t_n+h})$ para cualquier valor de $h > 0$. En particular, la distribución de X_t es la misma que la de X_{t+h} para cualquier $h > 0$, y entonces esta distribución es la misma para cualquier valor de t

La tercera clasificación pero quizás, el procedimiento más completo es el que se basa en las relaciones de dependencia existentes entre las variables del proceso; así, se obtienen las siguientes clases de procesos:

- Procesos con incrementos independientes: las variables de incremento temporal sobre intervalos de tiempo disjuntos son independientes.
- Procesos de Markov: la distribución de cada variable del proceso depende solo del pasado inmediato.
- Martingalas: la esperanza de una variable del proceso dado el pasado hasta un cierto instante es igual a la variable en dicho instante.
- Procesos estacionarios: la distribución de cualquier vector de variables del proceso se mantiene si éstas se desplazan en el tiempo de forma constante.
- Ruido blanco es una sucesión de variables aleatorias (proceso estocástico) con esperanza (media) cero, varianza constante e independientes para distintos valores de t (covarianza nula) (Arce y Mahia, 1997).

1.5 Series Cronológicas o Temporales.

Una serie temporal cualquiera es, en realidad, una muestra, una realización concreta con unos valores concretos de un proceso estocástico teórico, real. A partir de los datos de una serie temporal, se puede inferir las características de la estructura probabilística subyacente, del verdadero proceso estocástico (Arce y Mahia 1997)

Serie temporal, es un conjunto de observaciones o medidas realizadas secuencialmente en intervalos predeterminados y de igual, o aproximadamente igual, duración. Proceso estocástico es un conjunto de variables aleatorias asociadas a distintos instantes de tiempo.

La relación entre una serie temporal y el proceso estocástico que la genera es la misma que hay entre una muestra y la variable aleatoria de la que procede. Las características peculiares de una serie temporal (frente a una muestra) y de un proceso estocástico (frente a una variable aleatoria) son: las series temporales y los procesos estocásticos están referidos a instantes de tiempo concretos, y los datos están ordenados desde el pasado hasta el presente. El objetivo del análisis de series temporales es inferir la forma del proceso estocástico a partir de las series temporales que genera (Jerez y Sotoca, 2010).

Definición de series cronológicas o series de tiempo: es una sucesión de valores $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, correspondientes a un mismo fenómeno el cuál es observado a intervalos fijos de tiempo (Cué et al. 1987). Coincide con esta definición (Guerra 2006). Por su parte Coutin (2001), la define como el conjunto de mediciones sobre el estado de una variable ordenada en el tiempo.

1.5.1 Clasificación de las series temporales.

Las series temporales pueden clasificarse según la forma en que se ofrecen los valores de las mediciones en dos tipos, (Coutin 2001):

- Continuas: cuando los valores se ofrecen de forma permanente, de manera tal que cada uno de ellos representa el estado de la variable en un instante, el cual puede ser tan pequeño como teóricamente se quiera suponer.

- Discretas: cuando los valores se ofrecen para intervalos de tiempo, generalmente homogéneos y donde representan la magnitud acumulada del estado de la variable durante ese intervalo.

Atendiendo al tipo de componente que pueden tener pueden ser:

- Con tendencia y sin estacionalidad
- Con tendencia y con estacionalidad
- Sin tendencia y con estacionalidad

Otra clasificación es en estacionaria y no estacionarias atendiendo al tipo de proceso estocástico al que corresponda.

1.5.2 Objetivos del análisis de series temporales.

Se pueden considerar varios posibles objetivos, (Vallejo, 2012):

1. Descripción

Cuando se estudia una serie temporal, lo primero que se tiene que hacer es dibujarla y considerar las medidas descriptivas básicas. Así, se tiene que considerar:

- a) Si los datos presentan forma creciente o decreciente (tendencia).
- b) Si existe influencia de ciertos periodos de cualquier unidad de tiempo (estacionalidad).
- c) Si aparecen outliers (observaciones extrañas o discordantes).

2. Predicción

Cuando se observan los valores de una serie, se pretende normalmente no sólo explicar el pasado, sino también predecir el futuro.

El análisis de las series cronológicas describe el movimiento histórico del fenómeno estudiado, pero no los factores que lo originaron, marginando el nexo causal entre los fenómenos y reduciendo el análisis solo al estudio de los efectos visibles. Lo cual constituye una de sus limitaciones (Cue, 1987).

En la actualidad, el análisis de series temporales no sólo abarca el tratamiento de una serie aislada, sino que también contempla técnicas multivariantes que analizan y estudian conjuntamente más de una serie.

1.5.3 Técnicas de estudios de las series cronológicas.

Según Cabrer (2005) dentro de las técnicas de estudio de las series temporales se pueden distinguir esencialmente dos grandes grupos: los métodos clásicos o de descomposición (métodos no paramétricos) y los modelos Autorregresivos Integrados con Medias Móviles (ARIMA) de series temporales (métodos paramétricos) propuestos por Box y Jenkins.

1.5.4 Métodos Clásicos.

Una serie cronológica presenta varios tipos de movimientos o formas de comportamiento que son llamadas componentes. Las componentes más frecuentes de una serie cronológica son: Tendencia, estacionalidad, el ciclo y las perturbaciones aleatorias.

- Tendencia. La tendencia representa el movimiento a largo plazo de la serie, el cual puede ser considerado como el valor en torno al cual se mueven los demás componentes.
- Estacionalidad: Representa el movimiento de forma periódica que tiene lugar para períodos menores a un año, depende de la forma en que se toma la información que puede ser: mensual trimestral, semestral etc. Los factores que se reflejan en esta componente tienen un comportamiento más inestable que la tendencia. Por esto resulta importante el estudio de este componente cuando se quieren hacer pronósticos a corto plazo.
- Ciclo: Es un movimiento oscilatorio y ondulatorio en la serie cronológica que se diferencia de la estacionalidad solo en la periodicidad, pues mientras la estacionalidad tiene período de un año el ciclo no tiene periodicidad fija y siempre tendrá longitud superior a un año.

- La componente cíclica a pesar de hallarse presente en la mayoría de las series cronológicas no siempre resulta necesaria su inclusión en los análisis. Esta componente es fundamental en la Meteorología y la Sismología, así como en la medicina y la biología.
- Perturbación Aleatoria: Desviación del comportamiento normal por causas aleatorias.

Estas componentes dan lugar a los modelos clásicos de las series cronológicas:

- Aditivo: $P = T + E + C + A$
- Multiplicativo: $P = T * E * C * A$
- Mixto: $P = T * E + C * A$

Donde " T " es la tendencia, " E " es la estacionalidad, " C " es la ciclicidad y " A " la aleatoriedad (Arellano, 2001).

1.5.5 Otros modelos de tendencia.

Mayor (1993), afirmó que: el análisis de la tendencia parte de la construcción del gráfico de los datos que permite determinar si hay tendencia o no. Los métodos más utilizados en detectar la tendencia es a través del filtrado de datos lo cual se logra con las medias móviles y diferencias finitas aunque los datos se pueden ajustar a diferentes curvas obteniéndose así:

1. Tendencia lineal: Responde a la expresión matemática $T = a + bt$, resulta de fácil estimación, donde solo se estiman los parámetros " a " y " b " porque " t " representa el tiempo.
2. Tendencia exponencial: tiene como expresión matemática. $T = ab^t$, donde " a " y " b " son parámetros y " t " es el tiempo. Es muy usada en fenómenos sociales. Puede ser transformada en lineal con el empleo de logaritmos.
3. Tendencia potencial: Aunque no es menos importante que las anteriores, es bastante usada y responde al siguiente modelo matemático. $T = at^b$
4. Tendencia logarítmica: Responde al modelo matemático. $T = a + b \log t$ donde " a " y " b " son parámetros y " t " es el tiempo

5. Tendencia cuadrática: $T = a + bt + ct^2$ esta se usa cuando en la serie desestacionalizada se observan valores extremos y según sea la cantidad de extremos así será el grado del polinomio disminuido en uno.

6. Tendencia logística: El rasgo distintivo de la tendencia logística es su saturación, es decir, ella se aproxima a un valor que la limita superiormente sin llegar a alcanzarlo, su expresión matemática es:

$$T = \frac{k}{1 + ae^{bt}}.$$

7. Suavizado exponencial.

8. La metodología ARIMA creada por Box Jenkins propone el modelo de autocorrelación por medias móviles, cuyo campo natural de aplicación lo constituye la predicción a *corto plazo* y en series con componente estacional. Esta metodología exige a priori se verifique los supuestos de normalidad y homocedasticidad para garantizar el empleo de técnicas paramétricas.

1.5.5.1 Métodos autorregresivos

La metodología ARIMA creada por Box Jenkins propone el modelo de autocorrelación por medias móviles, cuyo campo natural de aplicación lo constituye la predicción a *corto plazo* y en series con componente estacional. Esta metodología exige a priori se verifique los supuestos de normalidad y homocedasticidad para garantizar el empleo de técnicas paramétricas.

Un modelo es **autorregresivo** si la variable de un período **t** es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores añadiéndose, como en los modelos estructurales, un término de error. En el caso de procesos estacionarios con distribución normal, la teoría estadística de los procesos estocásticos dice que, bajo determinadas condiciones previas, toda variable Y_t puede expresarse como una combinación lineal de sus valores pasados (parte sistemática) más un término de error (innovación)

$$Y_t = a_1 Y_{t-1} + a_0$$

Para este tipo de modelos, el primer paso consiste en convertir la serie de observaciones en una **serie estacionaria**, que es aquella en la que ni la media, ni la varianza, ni las autocorrelaciones dependen del tiempo. Una vez "estabilizada" la serie mediante las transformaciones adecuadas, se procede a estudiar la presencia de regularidades en la serie, para identificar un posible modelo matemático. Para ello se calculan la función de autocorrelación simple y parcial, y se compara su forma con un catálogo de patrones gráficos, que son típicos de los diferentes modelos propuestos, seleccionando el modelo que más se adecue a la forma de las funciones de autocorrelación. Posteriormente se estiman los coeficientes y se analizan los residuos, calculando la diferencia entre los valores reales de la serie y el valor previsto por el modelo. (Arce y Mahia 1997 y Molinero 2004)

1.6 Consideraciones para el trabajo con series temporales.

Las series requieren consideraciones previas en cuanto a la consistencia y la comparabilidad. La consistencia está dada por calidad del dato que depende de su veracidad y que estos sean valores equidistantes (que corresponda a plazo de tiempo iguales). La comparabilidad tiene presente los posibles cambios que se originan a través del tiempo. (Sánchez y Fernández 2004, Bello, León y Martínez, 2007).

Autores como Molinero (2004) y Bello, León y Martínez, (2007) proponen los siguientes pasos para el análisis de una serie.

- Análisis exploratorio de datos debe realizarse a través de gráficos para identificar los valores máximos y mínimos así como diferentes picos que puedan presentarse.
- Determinar si la secuencia de datos es o no una serie aleatoria. Para lo cual se calculan los coeficientes de autocorrelación si estos coeficientes están entre un límite inferior y uno superior la serie es aleatoria, otra forma es mediante el gráfico correlograma que visualiza lo antes planteado.
- Identificación del modelo

- Análisis de residuales: Es necesario validar los supuestos de aleatoriedad y normalidad de los residuales para determinar si el modelo encontrado es o no el adecuado para realizar pronósticos. La aleatoriedad de los residuales se puede determinar por medio de la prueba de Rachas y la normalidad, mediante la prueba de Smirnov Kolmogorov. Existen cinco test de aleatoriedad de los residuales: RUNS, RUNM, AUTO, MEAN, VAR.

Tipos de errores.

- Desviación Absoluta media (DAM).

$$DAM = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

- Error cuadrado medio (ECM)

$$EMC = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

- Porcentaje del error absoluto (PEMA)

$$PEMA = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n}$$

- Porcentaje medio de error (PME).

$$PME = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t}}{n}$$

Otras consideraciones

La función de autocorrelación es de gran utilidad a la hora de realizar pronósticos, la misma permite detectar patrones que indican cómo varían los datos de un instante de tiempo al siguiente. Lo cual se logra calculando el coeficiente de correlación entre un conjunto de observaciones y otro conjunto de observaciones desplazadas en k unidades de tiempo. Cuando el coeficiente de autocorrelación $\rho \neq 0$ las variables están bien correlacionadas. (Terrádez 2002, Molinero, 2004)

La función de autocorrelación parcial permite eliminar dependencias entre columnas formadas por diferentes desplazamientos de la misma serie. Por lo que la correlación parcial proporciona una visión más clara de las dependencias entre las observaciones.

Para detectar la presencia de autocorrelación se pueden utilizar métodos gráficos y contrastes de hipótesis. A través de los contrastes gráficos se intuirá si existe autocorrelación cuando existan comportamientos sistemáticos para los residuos. (Arranz, Zamora 2002 y Terradez 2002).

Los contrastes de hipótesis, por su parte, permiten, a través de una regla de decisión, considerar si con los datos de la muestra y con un nivel de significación α concreta se debe o no rechazar la hipótesis nula.

Todos los contrastes numéricos de autocorrelación se plantean con idénticas hipótesis; siendo la forma general del contraste:

$H_0 : \rho = 0$ (No existe autocorrelación)

$H_1 : \rho \neq 0$ (Existe autocorrelación).

Esto es, en la hipótesis nula se considera que el término de perturbación correspondiente a una observación es independiente del correspondiente a cualquier otra observación. En la hipótesis alternativa se señala que el término de error de un modelo econométrico está autocorrelacionado a través del tiempo. Esta hipótesis alternativa, al considerar la existencia de un patrón de

comportamiento para los residuos, se puede especificar con procesos autorregresivos “AR”, de medias móviles “MA” o mixtos “ARMA”, dependiendo del contraste que se vaya a utilizar.

La serie formada con los residuos es completamente aleatoria cuando su coeficiente de autocorrelación es igual a cero, cuando en el contraste de hipótesis no se rechaza la hipótesis nula.

$H_0 : \rho = 0$ (No autocorrelación)

$H_1 : \rho \neq 0$ (Autocorrelación)

El trabajo con series temporales tiene el respaldo de diferentes medios de cómputo que lo facilitan, tal es el caso de los diferente software que se utilizan como son: SPSS, STATA, VIEW, MINITAB, STATGRAPHICS. En el caso de la presente investigación se usó el STATGRAPHICS que ajusta los datos de la serie a un conjunto de 16 modelos para los cuales calcula los errores mencionados anteriormente y realiza las pruebas de aleatoriedad del error, amén de los respectivos gráficos. Sin lugar a dudas la salida de este paquete de programas facilita el cálculo.

Conclusiones del epígrafe.

Los procesos estocásticos están formados por variables aleatorias que varían en el tiempo, una representación de los mismos lo son las series temporales, las cuales son observaciones de un mismo fenómeno en iguales espacios de tiempo. El objetivo del análisis de una serie es describir el proceso o predecir valores futuros del fenómeno que ellas representan. La clasificación de la serie en estacionaria o no, es necesaria para entender el comportamiento de la misma, de igual modo se precisa conocer si tanto los valores de la serie como los de la serie formada por los residuos están correlacionados para decidir qué tipo de metodología aplicar para su modelación. La modelación puede hacerse a través de las componentes: Tendencia, Estacionalidad, Cíclico y Perturbación, con los modelos aditivos, multiplicativos y mixtos o mediante los modelos definidos por Mayor (1993) o por modelos autorregresivos. Para representar la tendencia existen diversos modelos pero la selección del mejor depende del modelo que tenga menor raíz cuadrada del error cuadrático medio y del cumplimiento de las pruebas de aleatoriedad para los errores.

Capítulo 2 Resultados y Discusión

2.1 Caracterización de la Universidad Agraria de la Habana.

La Universidad Agraria de la Habana se encuentra ubicada en la provincia de Mayabeque (antigua provincia de La Habana), Municipio San José de las Lajas. Creada el 7 de septiembre de 1976, con el nombre se Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana (ISCAH). En sus inicios formaba profesionales de perfil agropecuario, las principales carreras que en ella se estudiaban eran: Ingeniería en Agronomía, Riego y Drenaje, Pecuaria, Medicina Veterinaria, Economía Agropecuaria y Mecanización Agropecuaria (Pérez, 2005).

A partir de 1998 comienza el proceso de transformación, formando profesionales de perfil no agrario, incorporando las carreras de: Licenciatura en Contabilidad y Finanzas, Estudios Socioculturales, Ingeniería Informática e industrial. Licenciatura en Derecho y Cultura Física. Posteriormente se integra con carreras de perfil pedagógicas. Todo lo que condujo a que en el presente siglo pasara a ser la Universidad Agraria de la Habana (UNAH). Actualmente, cuenta con 5 carreras acreditadas por la Junta de Acreditación Nacional JAM.

A lo largo de sus 41 años, la UNAH ha graduado un total de 22 716 profesionales, de ellos más de 1 780 extranjeros de 77 nacionalidades. Es el CES del país que históricamente ha tenido en su matrícula el mayor número de estudiantes extranjeros.

El claustro está compuesto por 907 docentes, altamente calificados, vinculados en sus investigaciones a la problemática del territorio, altamente comprometidos con los principios de la revolución.

2.1.1. La Carrera de Agronomía en la UNAH.

Se ha asociado el desarrollo de la enseñanza Agronómica en Cuba al surgimiento del Jardín Botánico Nacional a inicios del siglo XVIII; y a la creación y funcionamiento de la Sociedad Económica de Amigos del País en el período de 1793 hasta 1842. Sin discusión ambas instituciones incidieron en el origen de la Educación Agrícola Cubana (Torres y Lima 2003).

En los momentos actuales, el Ingeniero Agrónomo se forma en once Instituciones de enseñanza Superior, incluyendo las tres Facultades de Montañas que funcionan en los principales macizos serranos del país, las que comienzan a señalarse como grandes Unidades Docentes.

La carrera de Agronomía de la UNAH ostenta la condición de Excelencia, el claustro lo conforman 79 profesores, de ellos 17 poseen la categoría docente de titular, 21 auxiliar, 22 asistentes y 29 instructores, más una reserva de 12 adiestrados. Del total de profesores, 29 ostentan la categoría científica de Doctor en Ciencias, 47 son Master y 17 están en fase de preparación para la obtención de grado científico. La Facultad cuenta con tres: Cátedra de estudios de Agroecología y Agricultura sostenible (CEAS) y una cátedra UNESCO, los que tienen una amplia actividad en el área del postgrado tanto en la comunidad como en otros territorios del país y en el extranjero.

Todo lo expuesto anteriormente da fe de un trabajo docente consolidado y de una labor científica y de extensionismo, avalada por la calidad de su claustro y los resultados alcanzados por más de 119 años.

2.2. Materiales y Métodos.

La presente investigación tiene momentos de importancia significativa que se pretenden dejar plasmados en este epígrafe. Luego de conformado la idea de investigación, el problema, el objeto, y el objetivo de investigación se procedió a la elaboración del marco teórico que la sustenta, una vez analizados los referentes disponibles se plantean las preguntas científicas y tareas de investigación.

En el análisis documental se utilizaron las series históricas del Departamento de Estadística e Información de la UNAH, realizando un proceso de depuración de la misma, atendiendo al concepto de matrícula limpia a partir de las variables Matrícula Inicial y Matrícula Final. Con el objetivo de obtener nuevas series que no menoscabaran la veracidad de la investigación.

A partir de este momento se elaboraron nuevas series para los indicadores Tasa de Promoción por año académico, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical. Las series tasas de promoción que suman cinco se comparan

entre sí para demostrar que existen diferencias significativas entre ellas, utilizando el paquete de programa Statgraphics en su versión 5.1 con la herramienta, Análisis de Varianza (ANOVA) transformando los datos con la expresión $X=2 \text{ ARC SEN}\sqrt{P}$ por no haberse demostrado que no siguen los supuestos del análisis de varianza.

Demostrado lo anterior se procedió a construir las gráficas de cada una de las series objeto de estudio y se explicó las causas principales de sus variaciones, atendiendo al carácter descriptivo de las series, avalado por el criterio de especialistas de la carrera de Agronomía de la UNAH.

Analizado su comportamiento se comprobó si la serie era aleatoria o no, utilizando para ello el gráfico correlograma. Fue identificado el mejor modelo de tendencia ajustado a la serie histórica de cada indicador, utilizando para ello el menor valor del indicador raíz cuadrada del error cuadrático medio, además para la serie de los residuos se comprobó su aleatoriedad verificando si cumplían o no los cinco test de aleatoriedad del error.

Para validar el modelo se calcularon los valores pronósticos a través del modelo mejor ajustado y se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (para datos no paramétricos) entre los valores reales y los pronosticados, realizando a priori la respectiva prueba de hipótesis.

El algoritmo de trabajo descrito anteriormente se llevó a cabo con el empleo de diferentes métodos y técnicas que a continuación se expondrán.

Métodos teóricos:

- Dentro de los métodos teóricos se encuentra el método lógico abstracto como método general que conduce la investigación a través de los procedimientos de análisis y síntesis e inducción deducción. El análisis de los referentes teóricos así como el de la base de datos a través de gráficos permitió identificar el modelo que sintetiza el comportamiento de los mismos. Por otra parte se induce la investigación a partir del sistema de información existente en el Departamento de

Estadística de la UNAH, lo cual permitió deducir la necesidad de depurar los datos asociados a la matrícula limpia.

- Enfoque sistémico se utilizó para estudiar integralmente el objeto de estudio tanto en sus componentes internas como externas.

Métodos empíricos.

Dentro de los métodos empíricos se empleó el análisis documental, para la revisión y análisis de las fuentes de información tanto bibliográficas como estadísticas revisando y depurando cada una de las series históricas de la carrera de Agronomía de la UNAH.

Este método uso como **técnica** la entrevista no estandarizada a profesores especialista de la carrera de Agronomía, quienes conservaban la información necesaria para la investigación.

Métodos Matemáticos Estadísticos.

Se utilizó el cálculo porcentual para determinar las tasas de promoción por año académico y la eficiencia académica terminal por cohorte estudiantil. Además se empleó el cálculo numérico en la determinación de la eficiencia académica vertical por curso académico a partir del curso 1980-1981.

Partiendo de los planteado por Mayor (1993), Miklos (2002), Godet (2007), Parra Miklos, Herrera y Soto (2007). Se construyeron las series cronológicas para los indicadores: Tasas de Promoción (por año académico), Eficiencia Académica Terminal (por cohorte estudiantil) y Eficiencia Académica Vertical (por curso académico a partir del curso 1980-1981), después se construyeron los gráficos de cada una de las series asociadas a los indicadores objeto de estudio a las que se describió su comportamiento.

Se determinó si cada una de las series asociadas a los indicadores objeto de estudio era aleatoria o no a partir de su coeficiente de autocorrelación, observado en el correlograma. Posteriormente se aplicó el procedimiento estadístico matemático de ajuste de curvas a diferentes modelos definidos por (Mayor, 1993) y para cada uno de ellos se calcularon los errores declarados en la literatura por

(Molineró 2004 y Bello, León y Martínez 2007), los cálculos y procedimientos antes mencionados se realizaron con el paquete de programas estadísticos Statgraphics 5.1. Para seleccionar el mejor modelo ajustado se siguió el criterio de usar el indicador “raíz del error cuadrático medio”.

A las series formadas por los residuos se le hicieron las pruebas de aleatoriedad aplicando cinco test de aleatoriedad.

Para validar el mejor modelo de tendencia seleccionado se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para datos no paramétricos, para medir la asociación entre los valores pronósticos obtenidos con el uso del modelo mejor ajustado y valores reales.

2.3 Resultados.

La comparación de las series tasas de promoción para los cinco años se realizó a través de un análisis de varianza cuyo resultado se muestra a continuación.

Tabla No. 1: Análisis de varianza.

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Razón F	P-Valor
Tratamientos	22.0468	4	5.5117	41.78	0.0000
Residuos	26.3815	200	0.131907		
Total	48.4283	204			

Fuente: Salida de Statgraphics.

Como la salida del software demuestra el P-valor = 0.00000 y el nivel de significación $\alpha = 0.05$ entonces como el P-valor $< \alpha$, se rechaza H_0 por lo que existe diferencias significativas entre las medias de estos indicadores.

Posteriormente se aplicó el test de rangos múltiples de Duncan para identificar en que años académicos el indicador tasas de promoción es diferente, obteniéndose como resultado que la tasa de promoción del 1er año difiere de los restantes años, de igual manera la de 2do año también difiere del resto no siendo así las tasas de

3ro a 5to año que no presentan diferencias significativas entre ellas (ver anexo NO.1).

Teniendo en cuenta lo declarado por Vallejo (2012) sobre el carácter descriptivo y predictivo de las series cronológicas o series de tiempo a cada una de las series de tiempo asociadas a los indicadores académicos se le construyo su gráfico con el objetivo de describir su comportamiento histórico analizando las causas de sus variaciones. Una vez descrito su trayectoria se seleccionó el mejor modelo de tendencia ajustado a cada una de las series estudiadas, para lo cual se tuvieron en cuenta los modelos declarados por (Mayor, 1993). Con el uso del paquete de programas Statgraphics 5.1 y los tipos de errores declarados por (Molinero 2004 y Bello, León y Martínez 2007) se procedió a seleccionar el mejor modelo de tendencia para cada indicador.

A partir de lo planteado por Terrádez (2002) y Molinero (2004) se analizó la serie de los residuos para ver si era o no aleatoria usando para ello los test de aleatoriedad.

2.3.1 Indicadores Académicos.

2.3.1.1 Tasa de Promoción 1er año.

La serie histórica (figura No.1), muestra el comportamiento del indicador Tasa de Promoción para el primer año de la carrera de Agronomía a partir del curso escolar 1976-1977, momento este en que se inicia en Cuba el proceso de planificación de la Educación Superior, el cual se inicia con el Plan de Estudios A. La serie describe el comportamiento de este indicador, el cual tomó valores por debajo del 60% en la mayoría de los cursos que preceden al curso 1988-1989, que es cuando comienza el ingreso a la Educación Superior por exámenes de ingreso, a partir de este momento este indicador toma valores por encima del 60% con excepción de los cursos 1991-1992 y 2007-2008, en el primero la principal causa es la crisis económica que vive el país que afectó la permanencia de los estudiantes en las aulas universitarias y en el segundo fue que se autorizó el ingreso en la carrera de Agronomía sin hacer exámenes de ingreso. En la serie es notorio que el cohorte estudiantil que ingresa en la carrera de Agronomía en el

curso 1983-1984, ha sido el peor de todos con una tasa de promoción del 24,7% así como el cohorte estudiantil del curso 1984-1985 con una tasa del 31,5% y el cohorte de 1987-1988 con un 44,9%.

En opinión de Torres y Lima (2003) y García (2009) un fenómeno que incide en las bajas tasas de promoción en el 1er año es falta de motivación por el estudio y falta de orientación profesional.

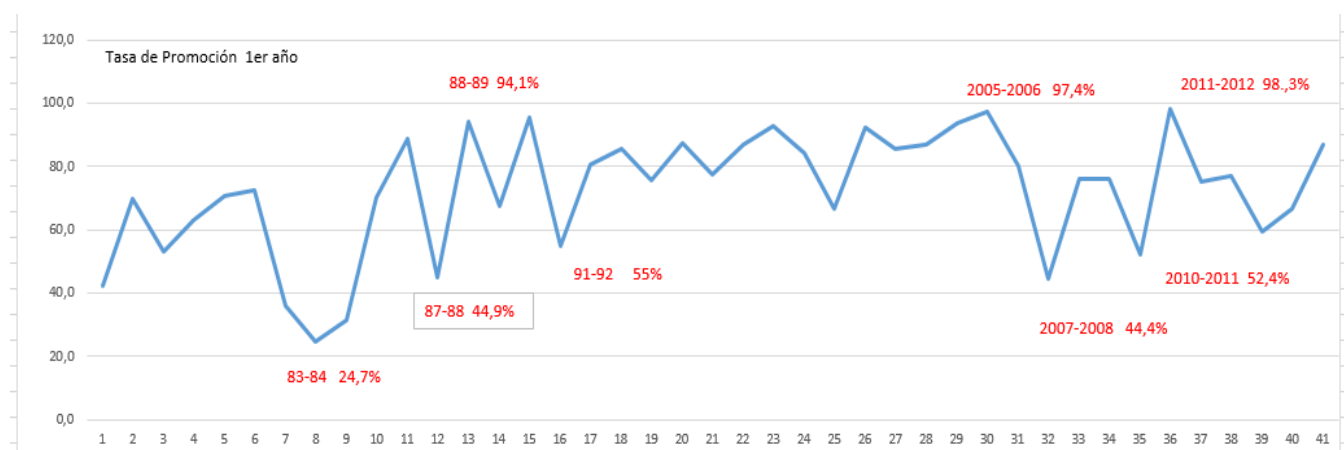


Figura No.1 Serie temporal “Tasa de promoción 1er año”

Una vez analizada la serie Tasa de Promoción 1er año se verificó si la misma representaba una serie aleatoria o no para lo cual se usó el correlograma (figura No.2) el cual muestra que todos los coeficientes de autocorrelación se encuentran entre el límite inferior y superior por lo que es una serie aleatoria.

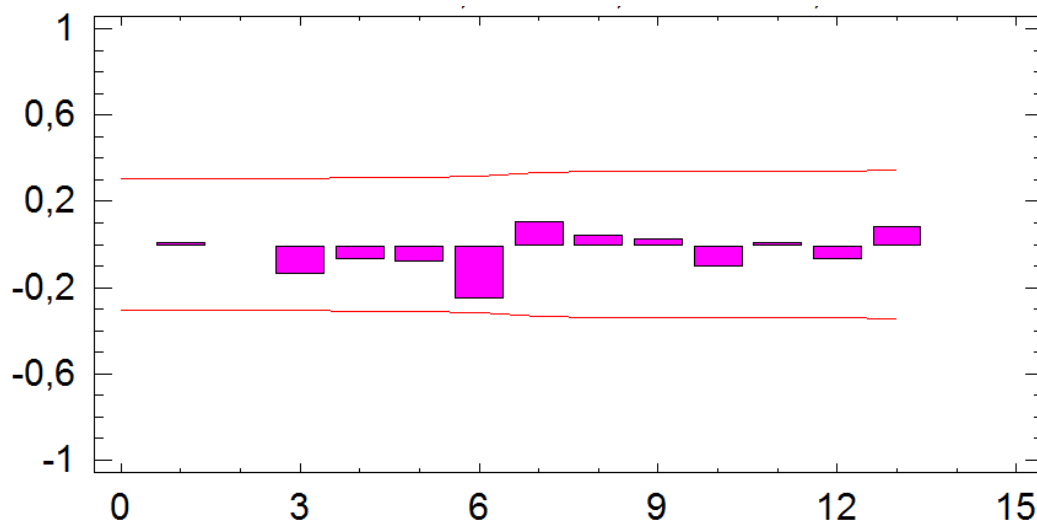


Figura No.2 Correlograma “Tasa de Promoción 1er año”

Para seleccionar el modelo de tendencia mejor ajustado a la serie Tasa de Promoción de 1er año fueron usados múltiples modelos como se muestra en la tabla de salida de Statgraphics (ver anexo No.2) resultando el de mejor ajuste el modelo de tendencia cuadrática que fue el de menor valor raíz del error cuadrático medio (RMSE) de 16.7272.

$$T = 43.5053 + 2.8779t - 0.054376t^2$$

La gráfica asociada a este modelo (figura No.3) muestra que las mayores tasas de promoción se obtuvieron en el período de 1989 al 2006, en la actualidad la tendencia de este indicador es decreciente.

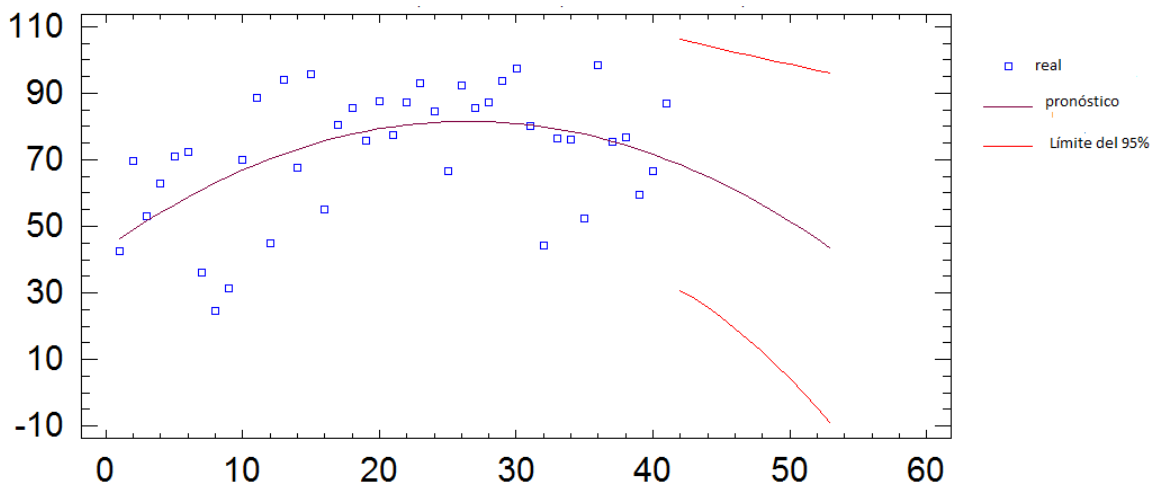


Figura No.3 Modelo de tendencia cuadrática

Se analizó además la aleatoriedad de los residuos relativo a este modelo mediante los cinco test sugeridos por Molinero (2004) y Bello, León y Martínez, (2007) .El resultado muestra que los residuos pasan los 5 test de aleatoriedad. (Ver anexo No.2)

Para validar el modelo se calculó el coeficiente de correlación de Spearman el cual mide la relación existente entre los valores reales del indicador Tasa de Promoción de 1er año de Agronomía con los pronosticados a través del modelo. Se usó la dócima de hipótesis siguiente:

$$H_0: r=0$$

$$H_1: r \neq 0$$

Los resultados muestran un p-valor=0.0011, considerando $\alpha=0.05$, el p-valor $< \alpha$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, se afirma que $r \neq 0$ y los valores del indicador Tasa de Promoción 1er año de Agronomía son directamente proporcionales a los valores pronosticados con el uso del modelo, y que ambos se relacionan en un 61,74%.(ver tabla No.2).

Tabla No.2 Coeficiente de correlación de Spearman.

Spearman Rank Correlations	
	Pronostico TP 1er año Real TP 1er año
Pronostico TP 1er año	0,6174 (41) 0,0011
Real TP 1er año	0,6174 (41) 0,0011
Correlation (Sample Size) P-Value	

Fuente: Salida de de Statgraphics,

2.3.1.2 Tasa de Promoción 2do Año.

El indicador Tasa de promoción para el 2do año de la carrera según la serie histórica (figura No.4) toma valores alrededor del 80% con excepción de los cursos 1984-1985 con un 39,0%, 1985-1986 con un 45,8% y 1988-1989 con un 41,7%, vale señalar que estos cohortes han mantenido las tasas de promoción más bajas desde su primer año y aún en el 2do año se mantiene ese comportamiento. Otro cohorte cuya tasa de promoción es baja en el 2do año es el del curso 2015-2016 con 62,9%. Según los especialistas entrevistados (Del Pozo, Mederos, López y Novo) la serie muestra que en la mayoría de cursos los valores de este indicador oscila alrededor del 80%, dada porque alrededor de un 20% de los estudiantes que llegan al 2do año se trasladan hacia otras carreras y universidades, además todos coinciden de que aun en el 2do año hay falta de motivación por los estudios de agronomía.

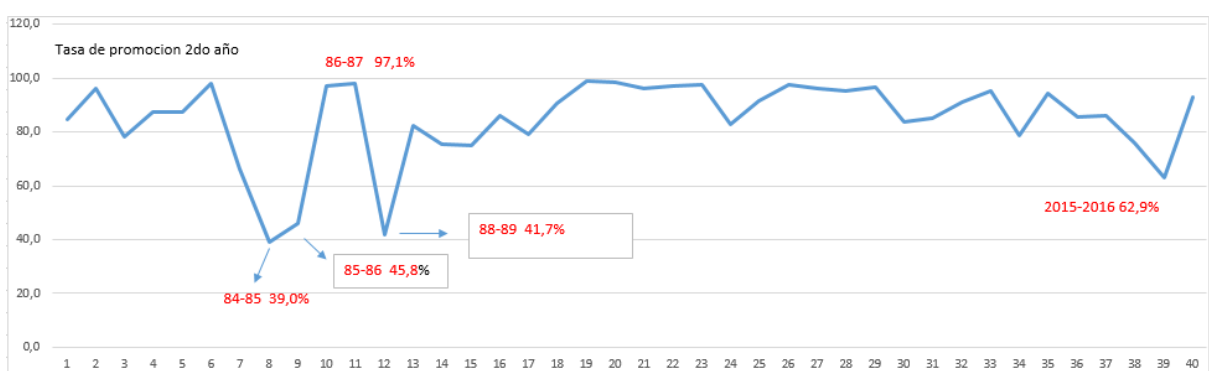


Figura No.4 Serie temporal Tasa de promoción 2do año.

Para determinar si la serie era aleatoria o no se usó el correlograma asociado a ella (figura No.5), el cual muestra que todos los coeficientes de autocorrelación se encuentran entre el límite inferior y superior lo que indica que la serie tasa de promoción 2do año es aleatoria.

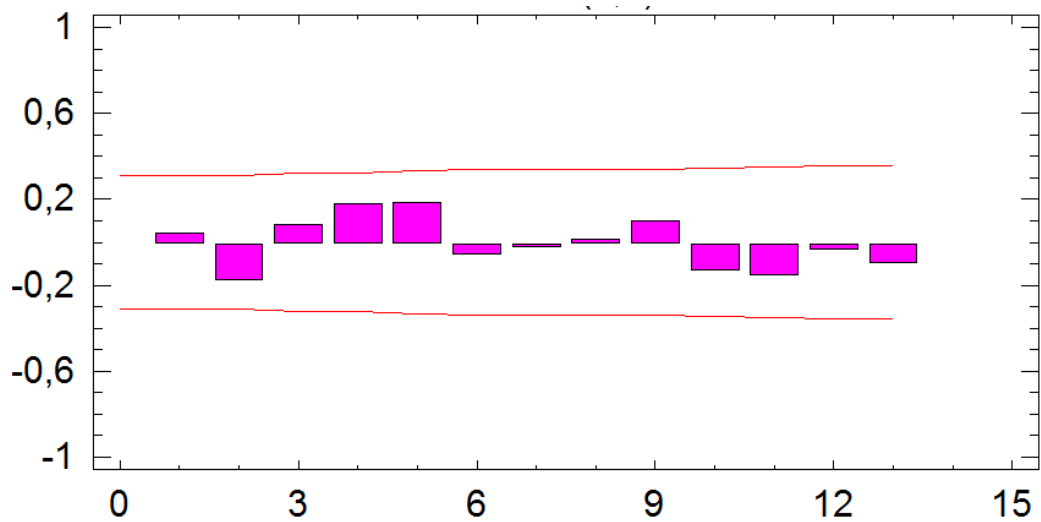


Figura No.5 Correlograma “Tasa de promoción 2do año”.

El modelo de mejor ajuste resultó ser el ARIMA (2,1) como se muestra en la figura No.6. Fue el de menor RMSE de 14.6183 (Ver anexo No.3).

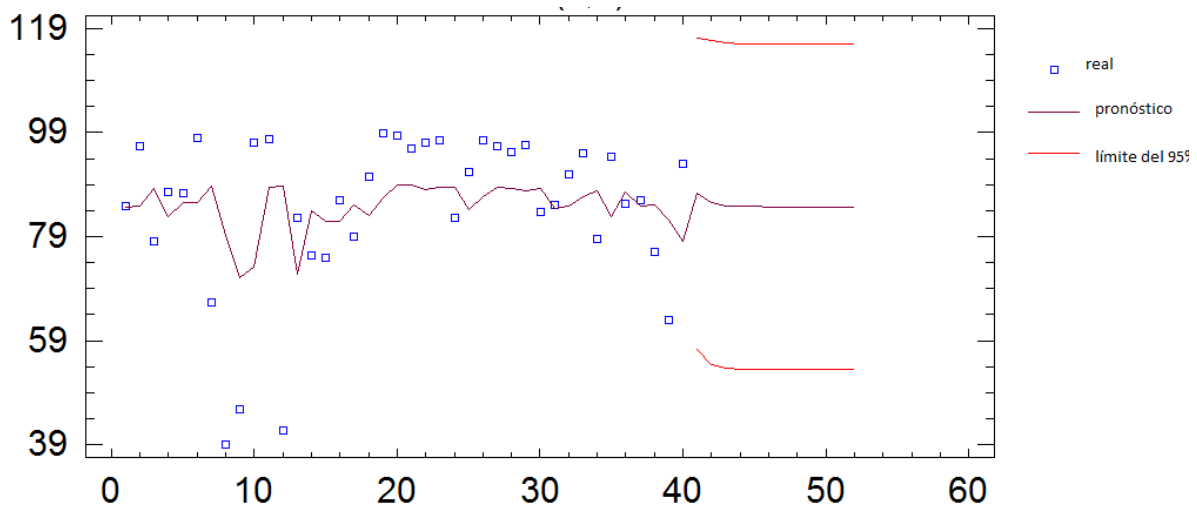


Figura No.6. Modelo de tendencia ARIMA (2,1)

La curva de tendencia muestra que sus valores están muy cercanos unos de otros, es un modelo autorregresivo que predice los valores futuros inmediatos a partir de los anteriores inmediatos también.

A los residuos se le aplicó los 5 test de aleatoriedad, obteniéndose como resultado que la serie de los residuos es aleatoria (ver anexo No.3).

La validación del modelo se realizó a través del coeficiente de correlación de Spearman, el cual se calculó a partir de los datos reales del indicador Tasa de promoción 2do año y de los datos pronosticados con el uso del modelo. Para lo cual se planteó la siguiente prueba de hipótesis.

$H_0: r=0$

$H_1: r \neq 0$

Los resultados muestran que para un nivel de significación $\alpha=0.05$ y un p-valor=0.0000 el p-valor $< \alpha$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que: $r \neq 0$. El coeficiente de correlación tiene un valor de 69.17% lo que indica que los valores reales de la tasa de promoción de 2do año de la carrera de Agronomía son directamente proporcionales a los valores pronosticados a través del modelo de tendencia ajustado y que ambas están relacionados en un 69,17%.(ver tabla No.3).

Tabla No.3 Coeficiente de correlación Spearman.

Spearman Rank Correlations	
	real TP2
real TP2	0,6917 (40) 0,0000
Pronoótico TP2	0,6917 (40) 0,0000
Correlation (Sample Size) P-Value	

Fuente: Salida de de Statgraphics,

2.3.1.3 Tasa de Promoción 3er Año.

El gráfico del indicador Tasa de promoción 3er año, (figura No.7) muestra la tendencia a tomar valores por encima del 90% excepto en los cursos 1985-1986 con una tasa del 52,9% y en el curso 1989-1990 con un 48,6%, estos cohorte son los que en 1er y 2do año también tuvieron un comportamiento bajo. Los restantes picos que se observan toman valores por encima del 83%. Este gráfico muestra que el nivel de permanencia de los estudiantes en la carrera se logra a partir del tercer año, razón por la cual la tasa de promoción toma valores superiores a 90%. En opinión de los especialistas (Del Pozo, Mederos, López y Novo). A partir de este año los estudiantes están identificados con la carrera.

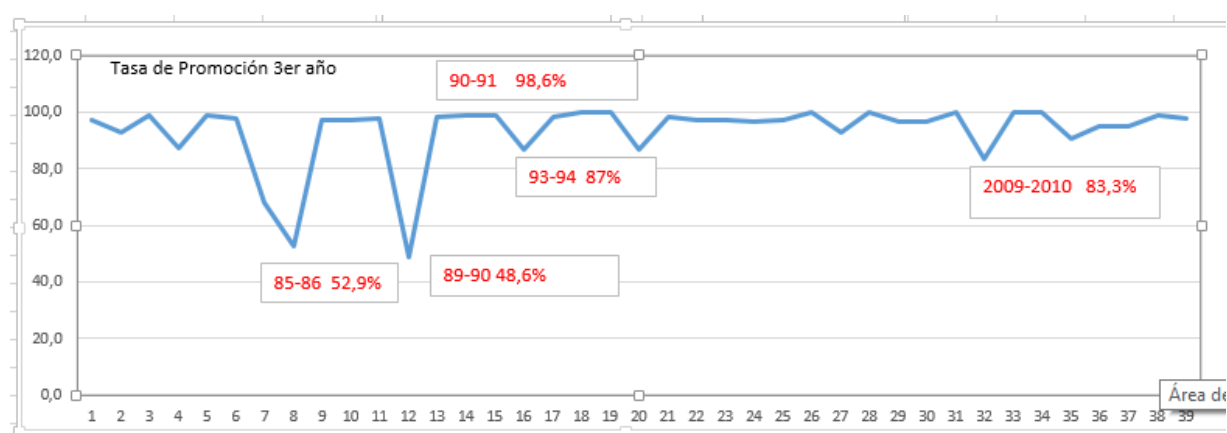


Figura No.7. Serie temporal “Tasa de promoción 3er año”

Según se muestra en el correlograma (figura No.8), la serie es aleatoria para este indicador porque los coeficientes de autocorrelación se encuentra entre el límite inferior y superior.

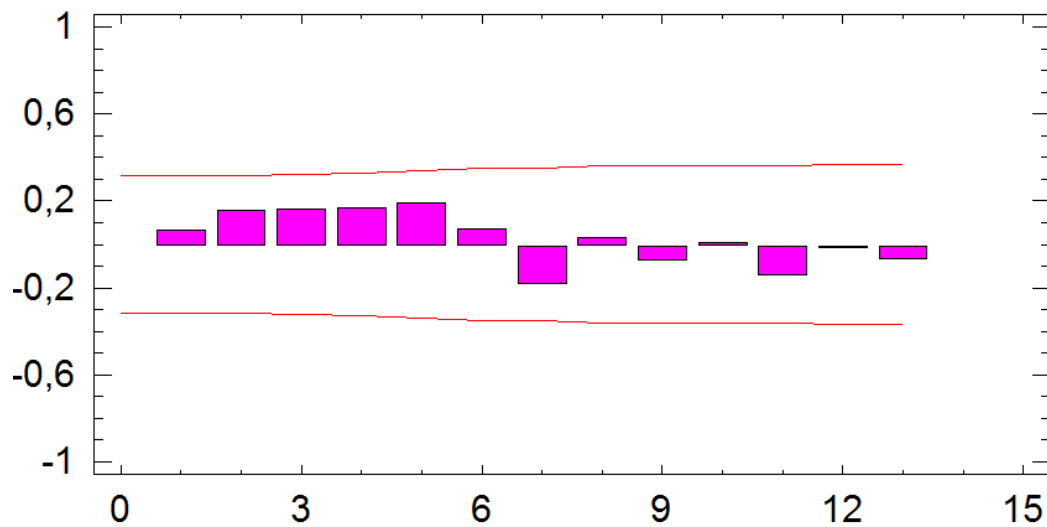


Figura No.8 Correlograma “Tasa de promoción 3er año”

El modelo de tendencia mejor ajustado resultó ser el ARIMA (3,2) con un RMSE=10.05. (Ver anexo No.4). Su gráfica se muestra en la figura No.9

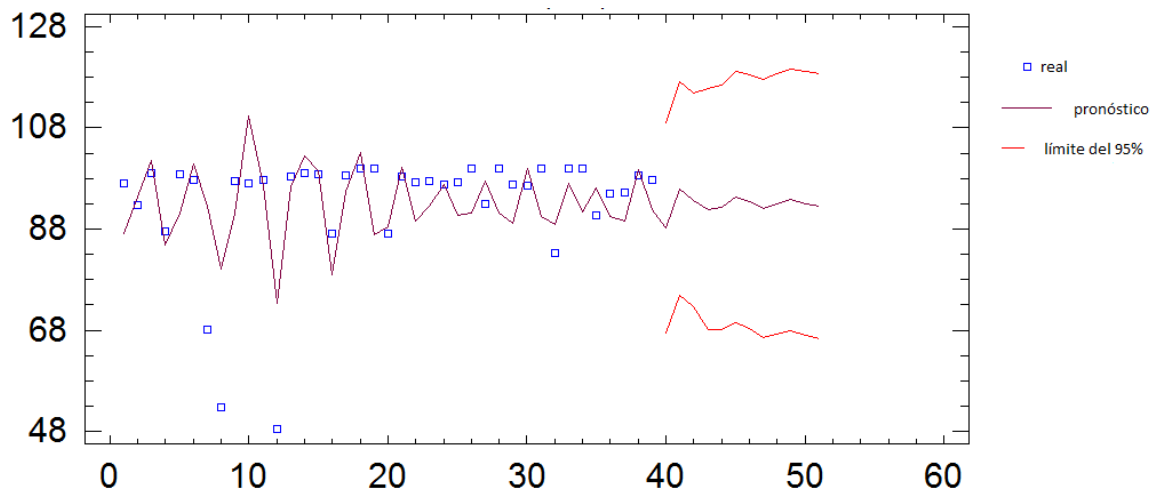


Figura No.9 Modelo de tendencia ARIMA (3,2)

La grafica del modelo mejor ajustado indica que están muy próximos los valores reales y los pronosticados y la tendencia es mantener los valores entre un 88% y un 98%. Este modelo por ser autorregresivo en el tiempo “t” toma valores partiendo de los valores del período anterior, “t-1”

Los residuos pasan los cinco test de aleatoriedad por lo que la serie de los residuos es una serie aleatoria (ver anexo No.4). Por lo que se considera un buen modelo.

Para validar el modelo también se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para datos no paramétricos, realizándose la siguiente prueba de hipótesis:

$$H_0: r=0$$

$$H_1: r \neq 0$$

El p-valor =0.0000 y el nivel de significación $\alpha=0.05$, como $p\text{-valor} < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula, $r \neq 0$ y se puede afirmar que los valores del indicador tasa de promoción real 3er año y los valores para este indicador obtenidos por el uso del modelo están directamente relacionados en un 80.91%.(Ver tabla No.4).

Tabla No.4 Coeficiente de correlación Spearman.

Spearman Rank Correlations		
	Real TP3	Pronostico TP3
Real TP3		0,8091 (40) 0,0000
Pronostico TP3	0,8091 (40) 0,0000	
Correlation		
(Sample Size)		
P-Value		

Fuente: Salida de Statgraphics,

2.3.1.4 Tasa de Promoción 4to año.

El indicador Tasa de promoción para el 4to año de la carrera toma valores próximos al 100% (figura No.10), lo que muestra cierta estabilidad de los estudiantes en la carrera observándose un pico en el curso 1990-1991 con un 55,6% pero no es lo que predomina.

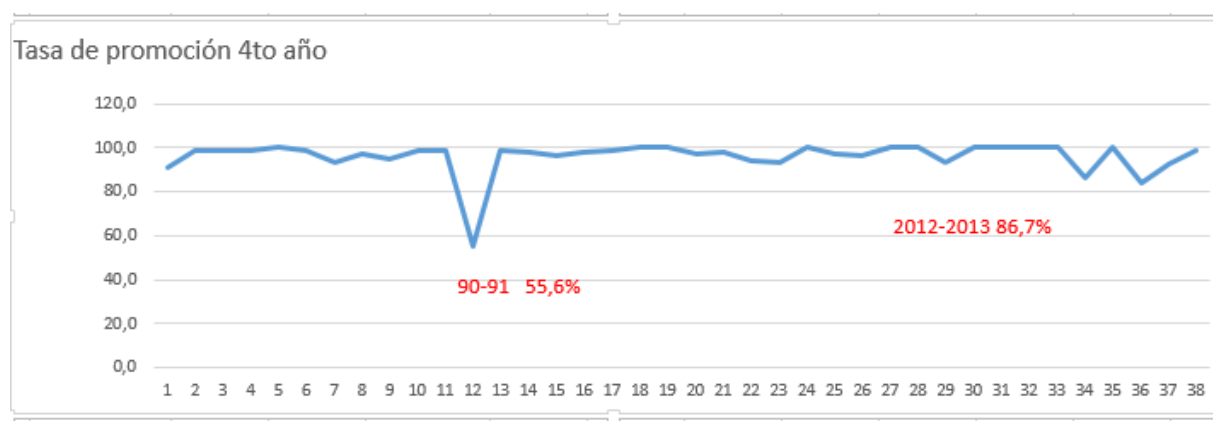


Figura No.10. Serie temporal “Tasa de promoción 4to año”.

El correlograma asociado a la serie “Tasa de promoción 4to año” muestra que la misma es una serie aleatoria pues los coeficientes de autocorrelación se encuentran entre el límite inferior y superior (figura No.11).

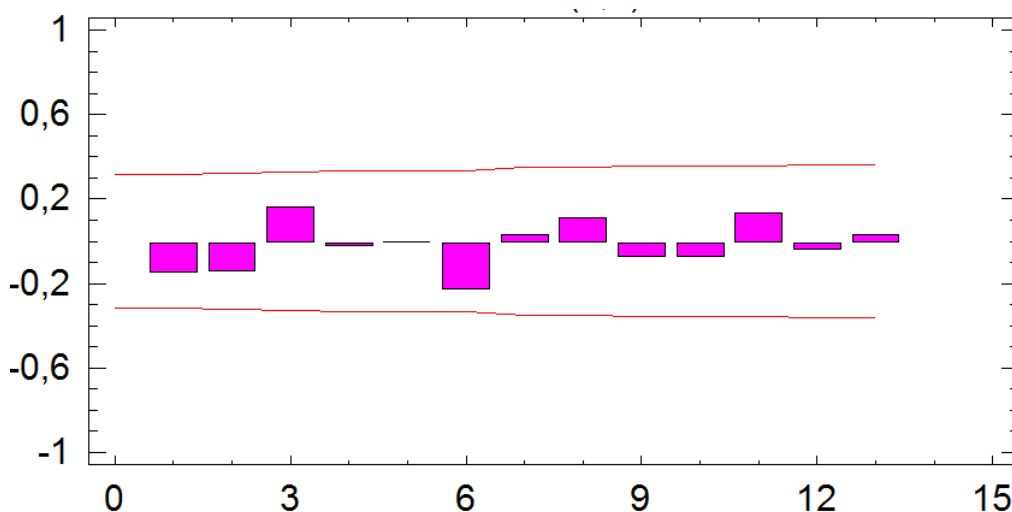


Figura No.11. Correlograma “Tasa de promoción 4to año”.

El modelo mejor ajustado para este indicador es el modelo autorregresivo ARIMA (4,3) con un RMSE= 3.35 (ver anexo 5). La gráfica del modelo (figura No. 12) muestra que los valores de la tasa de promoción en el 4to año sobrepasan el 97% lo que refleja cierta estabilidad de la carrera para este año académico.

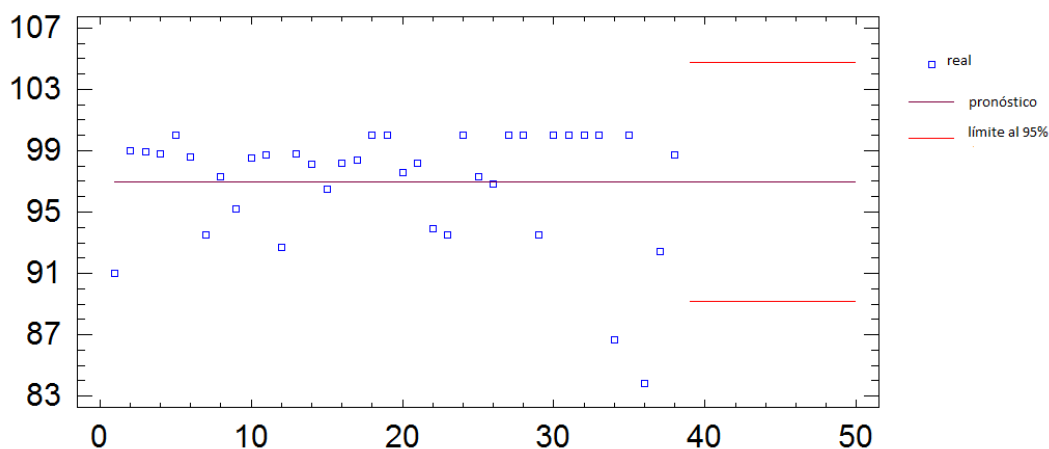


Figura No.12 Modelo de tendencia ARIMA (4,3)

La serie de los residuos es aleatoria pues pasa los 5 test de aleatoriedad del error por lo que se considera un buen modelo. (ver anexo No.5)

Al igual que en los indicadores anteriores la validación del modelo se realiza calculando el coeficiente de Spearman y realizando la siguiente dócima de hipótesis.

$H_0: r=0$

$H_1: r \neq 0$

El p-valor =0.0147 y el nivel de significación $\alpha=0.05$, como $p\text{-valor} < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula, $r \neq 0$ y se puede afirmar que los valores del indicador Tasa de Promoción real 4to año y los valores para este indicador obtenidos por el uso del modelo están directamente relacionados en un 81.22%. Por lo que se considera adecuado los pronósticos realizados a través del modelo.

Tabla No.5 Coeficiente de correlación de Spearman

Spearman Rank Correlations	
Real TP4to año	Pronostico TP4to
Real TP4to año	0,8122 (36) 0,0147
Pronostico TP4to	0,8122 (36) 0,0147
Correlation (Sample Size) P-Value	

Fuente: Salida de Statgraphics,

2.3.1.5 Tasa de Promoción 5to año.

En el 5to año de la carrera el indicador Tasa de Promoción tiene un comportamiento que generalmente está entre el 96% y el 100% (figura No.13) observándose el valor más bajo en el curso escolar 1987-1988 con un 88,9%. El cohorte estudiantil que en este curso alcanza este comportamiento, es el mismo que en los años anteriores su tasa de promoción fue la más baja es el que corresponde sus inicio en la Educación Superior en el curso 1983-1984 que es el que llega al 5to año en el 1987-1988.

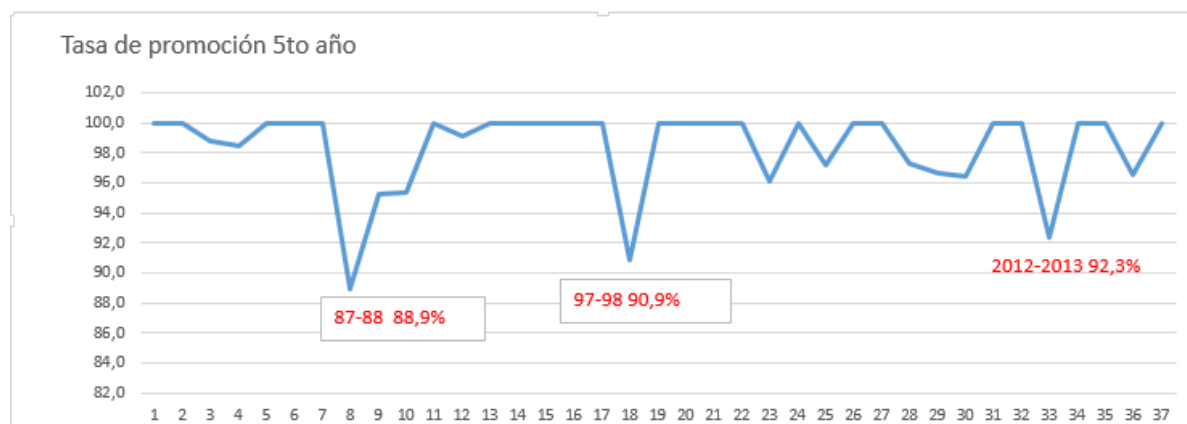


Figura No.13. Serie temporal “Tasa de promoción 5to año”.

La serie es aleatoria porque en su correlograma (figura No.14) todos los coeficientes de autocorrelación se encuentran entre el límite inferior y superior.

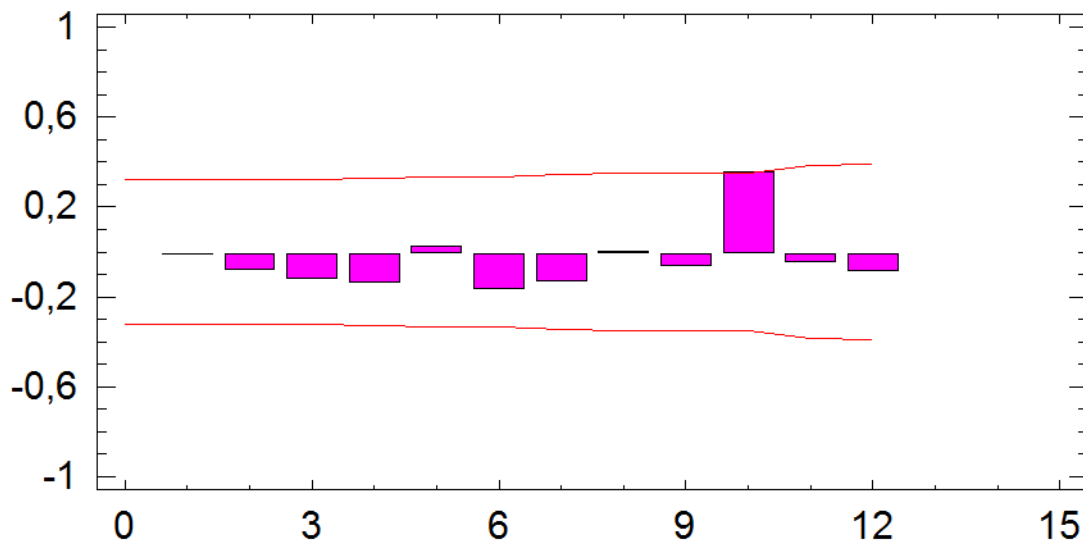


Figura No.14. Correlograma “Tasa de promoción 5to año”.

El modelo de tendencia mejor ajustado resulto ser el modelo autorregresivo ARIMA (3,2) con un RMSE=2.52. (ver anexo No.6) . El gráfico del modelo (figura No.15) muestra que los valores están por encima de 98% la mayoría en el 100%.

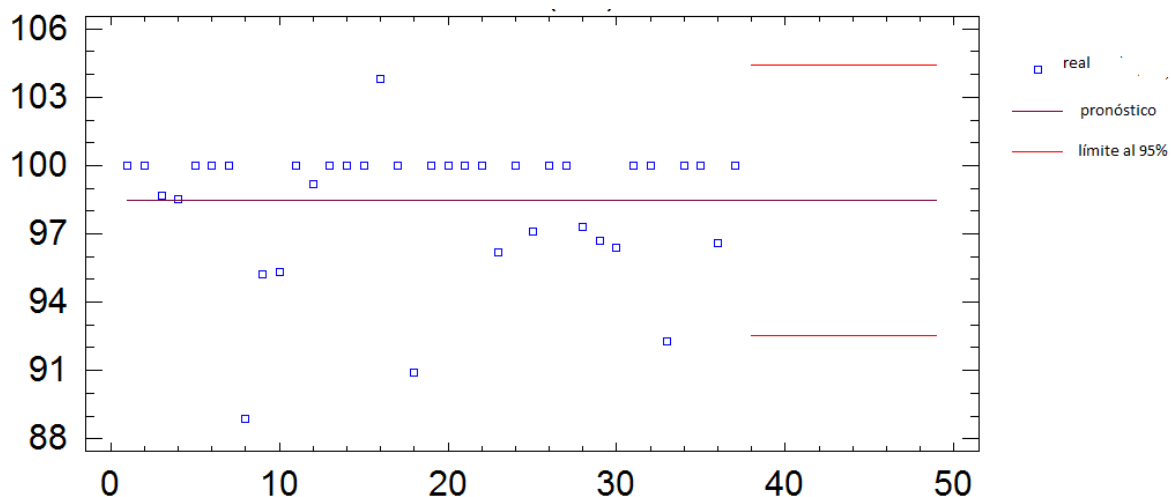


Figura No.15 Modelo de tendencia ARIMA (3,2)

La serie de los residuos es aleatoria pues pasan los cinco test de aleatoriedad (ver anexo No.6).

La validación del modelo se realizó mediante la d cima de hipótesis para el coeficiente de correlación de Spearman:

$H_0: r=0$

$H_1: r \neq 0$

El p-valor =0.0000 y el nivel de significación $\alpha=0.05$, como p-valor < α se rechaza la hipótesis nula, $r \neq 0$ y se puede afirmar que los valores del indicador Tasa de Promoción real 5to año y los valores para este indicador obtenidos por el uso del modelo están directamente relacionados en un 70.40%. Por lo que se considera adecuado los pronósticos realizados a través del modelo.

Tabla No.6 Coeficiente de correlación de Spearman

Spearman Rank Correlations	
Real TP5to año	Pronóstico TP5to año
Real TP5to año	0,7040 (35) 0,0000
Pronóstico TP5to año	0,7040 (35) 0,0000
Correlation (Sample Size) P-Value	

Fuente: Salida de Statgraphics,

2.3.1.6 Eficiencia Académica Terminal.

El gráfico del indicador Eficiencia Académica Terminal (figura No.16) muestra valores por debajo del 50% para los cohortes estudiantiles comprendidos desde el curso 1976-1977 hasta el curso 1984-1985. El cohorte de 1986-1990 alcanzó un valor del 84.09% y el cohorte 1987-1991 con un valor de 32.23%, los restantes cohortes muestran valores entre el 50% y el 80% observándose picos en los cohortes del curso 1991-1992 con un 47,7%, 1993-1994 con un 50%, 1998-1999 con un 43,85% 1999-2000, 2000-2001 toman valores por debajo del 50% . El comportamiento en la década del 90 del indicador Eficiencia Académica Terminal es bajo siendo una de las principales causas la situación económica del país que atraviesa un período de crisis. Ya en el presente siglo se observa que los cohortes del 2007-2011 al 2009-2013 tomaron valores por debajo del 40%, estos cohortes corresponden a los que los estudiantes no realizaron examen de ingreso.

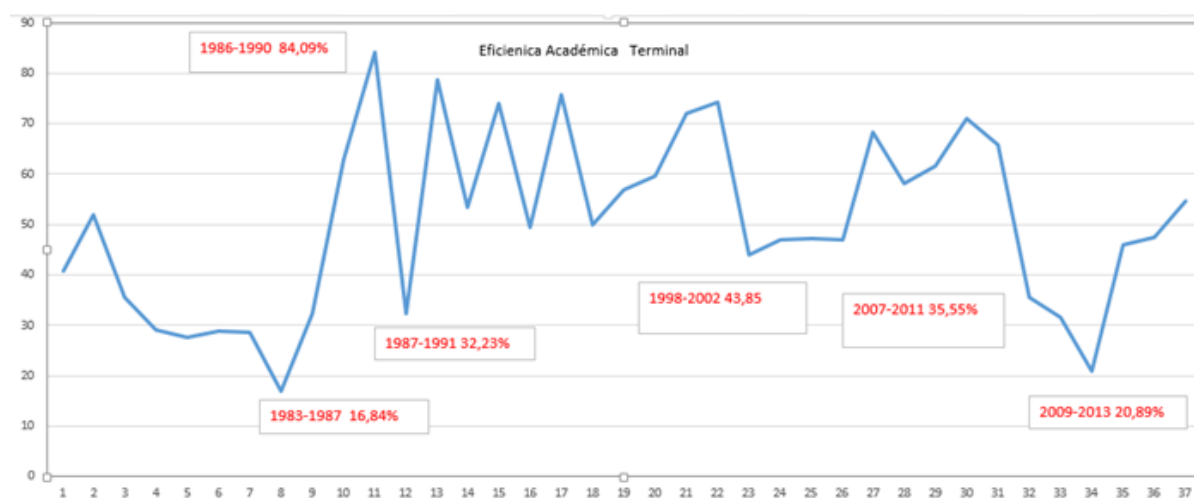


Figura No.16 Serie temporal “Eficiencia Académica Terminal

El correlograma muestra que esta serie es aleatoria pues sus coeficiente de autocorrelación se encuentran entre el límite inferior y superior (figura No.17)

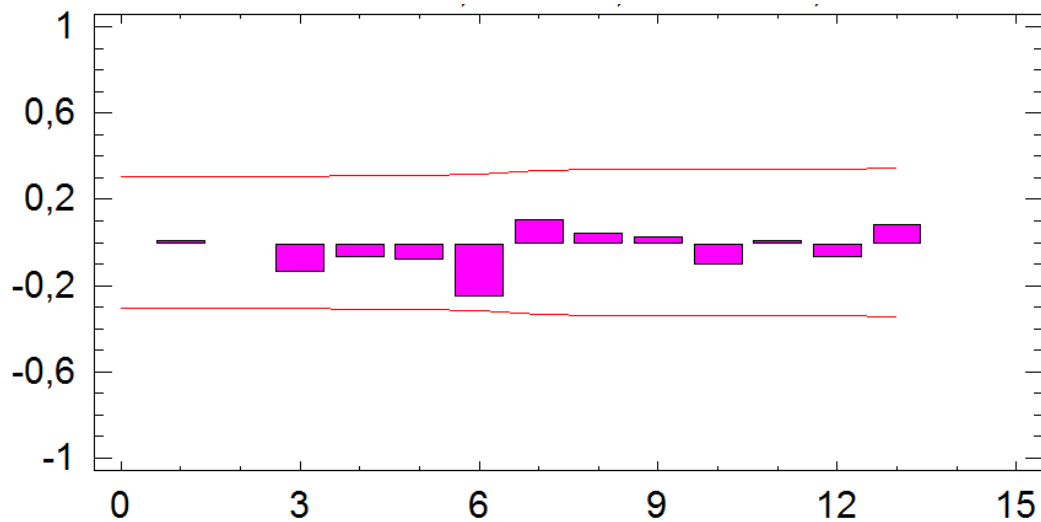


Figura No.17. Correlograma “Eficiencia Académica Terminal”

Para este indicador el modelo de tendencia mejor ajustado fue el cuadrático, con un según el indicador raíz del error cuadrático medio $RMSE=0.1577$ (Ver anexo No.7)

$$T = 0.247429 + 0.0330681t - 0.000784862t^2$$

La figura No.18 muestra que el modelo de tendencia del indicador Eficiencia Académica Terminal en la Carrera de Agronomía durante los primeros tiempos iba en ascenso luego a su máximo comportamiento y comenzó a decrecer y ese es su comportamiento en la época actual.

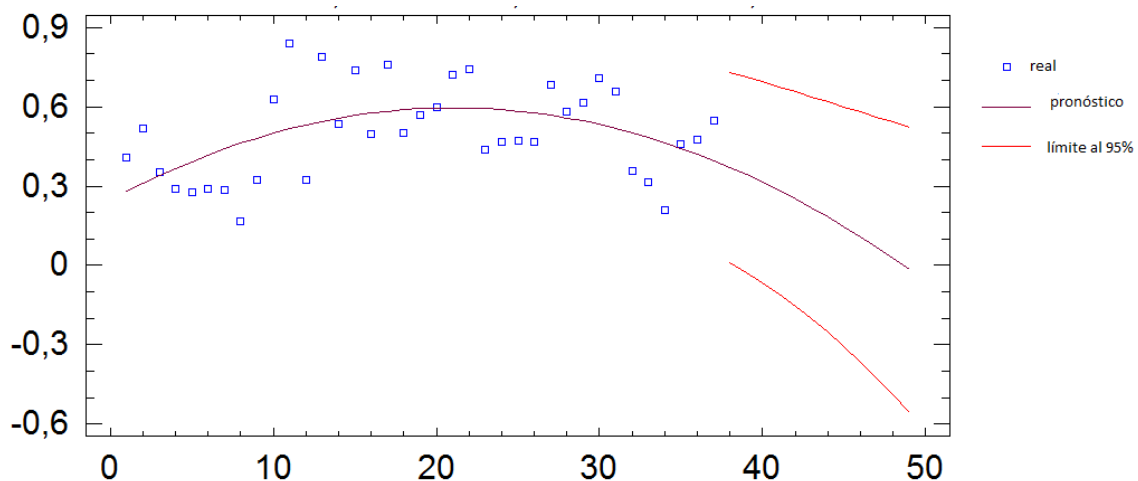


Figura No.18 Modelo de tendencia cuadrática

La serie de los residuos es completamente aleatoria pues pasan los cinco test de aleatoriedad. (ver anexo No.7)

La validación del modelo se hizo a través del coeficiente de correlación Spearman para lo cual se aplicó la siguiente la prueba de hipótesis, con un valor de significación del 0.05.

$H_0: r=0$

$H_1: r \neq 0$

Como el $p\text{-valor}=0.0015 < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y se afirma que el coeficiente de correlación de Spearman es diferente de cero lo cual indica que los valores de los indicadores Eficiencia Académica Terminal real y Eficiencia Académica Terminal Pronosticada están directamente relacionados en un 82.85%. Todo lo antes expuesto conduce a afirmar que el modelo es el adecuado.

Tabla No.7 Coeficiente de correlación de Spearman.

Spearman Rank Correlations		
	Eficiencia AT real	Pronostico EAT
Col_4		0,8285 (37) 0,0015
Pronostico EAT	0,8285 (37) 0,0015	
Correlation		
(Sample Size)		
P-Value		

Fuente: Salida de de Statgraphics,

2.3.1.7 Eficiencia Académica Vertical.

La serie (figura No.19) muestra que el comportamiento histórico del indicador académico Eficiencia Académica Vertical a partir del curso 1980-1981 (es el primer año que coinciden los cinco años del Plan de Estudios “A”), los valores más bajo de este indicador se alcanzan en el curso 1984-1985 con un 8.25%. A partir del curso 1994-1995 y hasta el curso 2006-2007 tomo valores entre el 60% y 90% siendo esta el mejor período de este indicador. En el curso 2007-2008 este indicador vuelve a caer tomando valores del 33.27%.

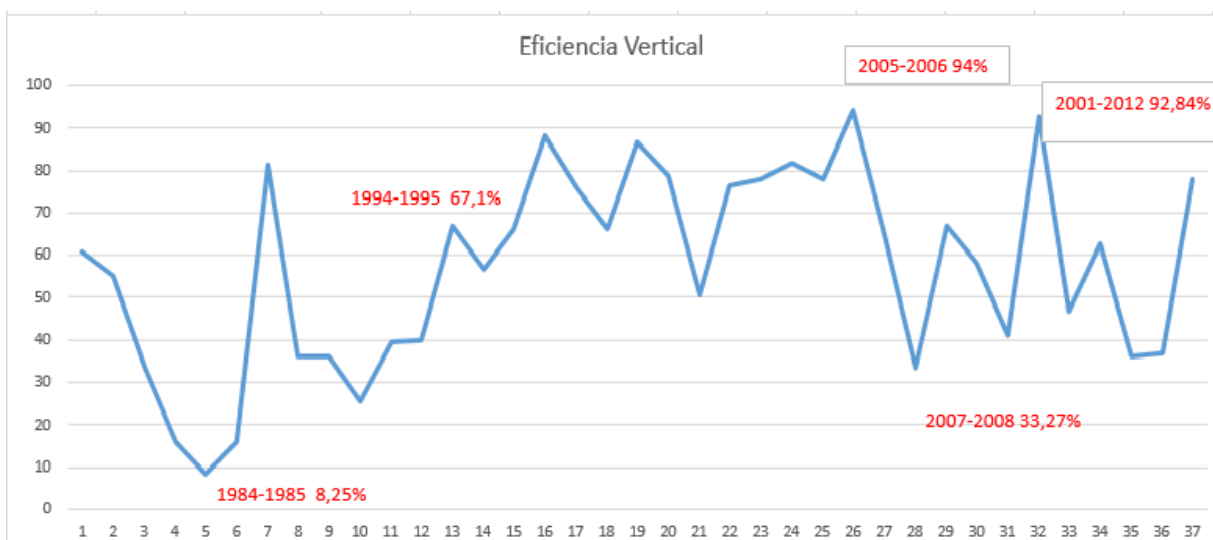


Figura No. 19 Serie temporal “Eficiencia Académica Vertical”.

El correlograma asociado a esta serie (figura No.20) muestra que es aleatoria ya que los coeficientes de autocorrelación se encuentran entre el límite inferior y superior.

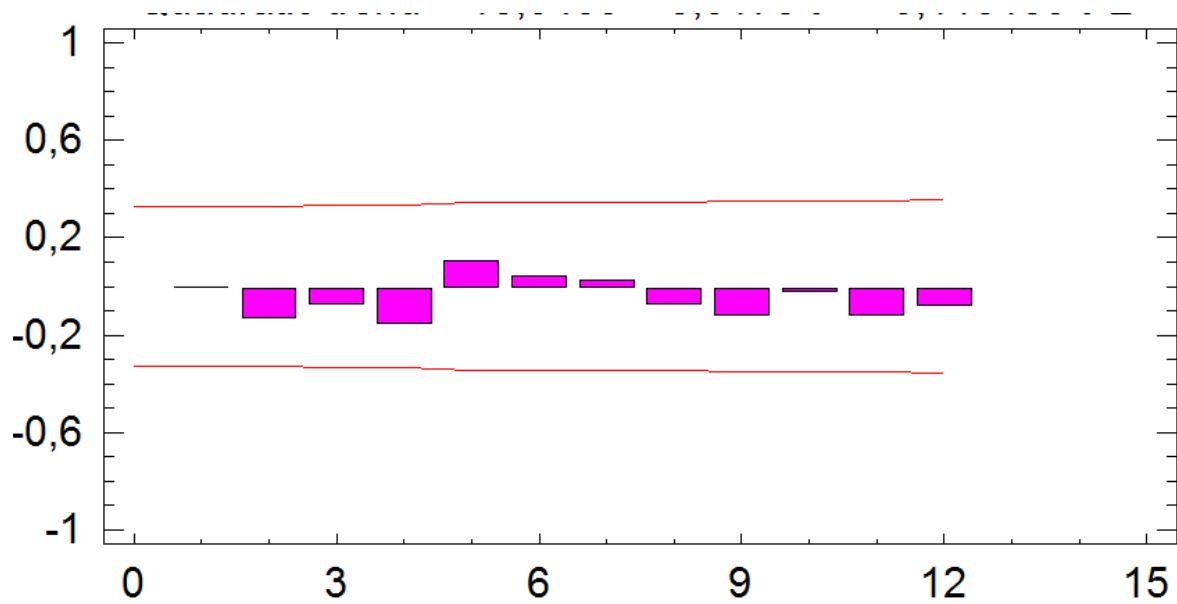


Figura No.20 Correlograma “Eficiencia Académica Vertical”

El modelo de tendencia mejor ajustado es el cuadrático con un RMSE de 19.2327.

$$T = 15.0439 + 5.0178t - 0.113159t^2.$$

La gráfica de este indicador (figura No.21) presenta una tendencia decreciente para los valores actuales.

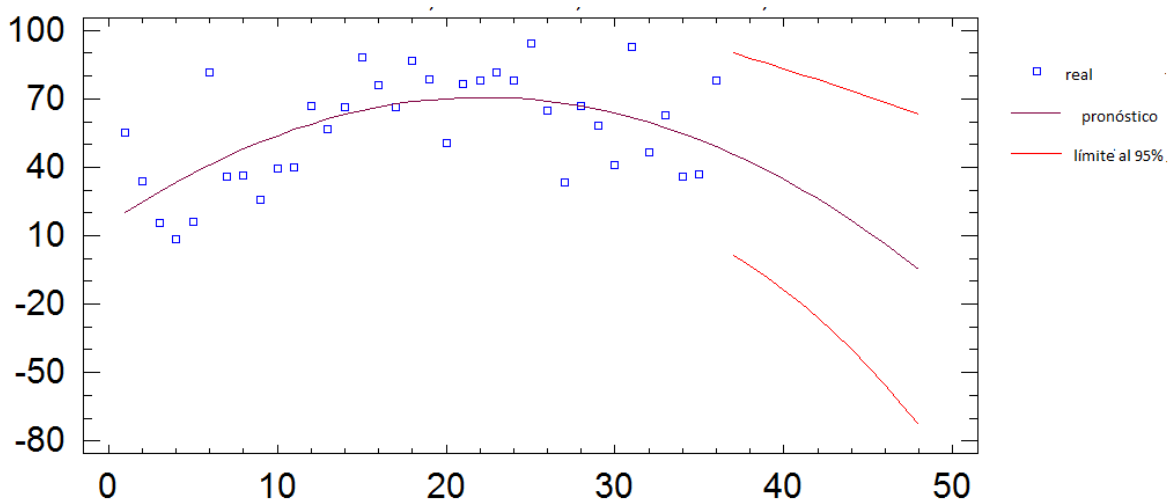


Figura No.21 Modelo de tendencia cuadrático.

La serie de los residuos es completamente aleatoria pues pasa los cinco test de aleatoriedad del error, resultando ser un buen modelo. (Ver anexo No.8)

La validación del modelo se hizo a través del coeficiente de correlación Spearman para lo cual se aplicó la prueba de hipótesis correspondiente, con un P-Valor=0.05.

$H_0: r=0$

$H_1: r \neq 0$

Como el $p\text{-valor}=0.0024 < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y se afirma que el coeficiente de correlación de Spearman es diferente de cero lo cual indica que los valores de los indicadores Eficiencia Académica Vertical real y Eficiencia Académica Vertical Pronosticada están directamente relacionados en un 71.40%. Todo lo antes expuesto conduce a afirmar que el modelo es el adecuado.

Tabla No.8 Coeficiente de correlación de Spearman.

Spearman Rank Correlations			
Eficiencia Vertical EU Pronosticada			
Eficiencia Vertical		0,7140	
		(36)	
		0,0024	
EU Pronosticada	0,7140		
	(36)		
	0,0024		
Correlation			
(Sample Size)			
P-Value			

Fuente: Salida de de Statgraphics,

Conclusiones del capítulo.

El gráfico de cada serie describió su comportamiento durante el plazo de tiempo estudiado.

Los modelos mejor ajustado por indicador se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No. 9: Modelos mejor ajustados y su validación por Spearman.

Indicador	Modelo	Coefficiente de Spearman/p-valor
Tasa de Promoción 1er año	$T = 43,5053 + 2,8779t - 0,054376t^2$	0,6174/0,0011
Tasa de Promoción 2do año	ARIMA (2,1)	0,6917/0,0000
Tasa de Promoción 3er año	ARIMA(3,2)	0,8091/0,0000
Tasa de Promoción 4to año	ARIMA(4,3)	0.8122/0,0147
Tasa de Promoción 5to año	ARIMA(3,2)	0,7040/0,0000
Eficiencia Académica Terminal	$T = 0,247429 + 0,0330681t - 0,000784862t^2$	0,8285/0,0015
Eficiencia Académica Vertical	$T = 15,0439 + 5,0178t - 0,113159t^2$	0,7121/0,0024

CONCLUSIONES.

1. Los referentes teóricos y metodológicos consultados, permitieron identificar a las series temporales, como procedimientos idóneos, para poder describir y pronosticar el valor de los indicadores académicos objetos de estudio para el proceso de toma de decisiones en la planificación educativa.
2. Los indicadores Tasa de Promoción 1er año, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical, tuvieron un comportamiento decreciente en el período 1976-1987, después comenzaron a crecer en el periodos 1988-2006 actualmente tienen un comportamiento decreciente. Mientras que los indicadores Tasa de Promoción 2do año, Tasa de Promoción 3er año, Tasa de Promoción 4to año, Tasa de Promoción 5to año. Tienen un comportamiento con tendencia a mantener los valores de períodos anteriores, demostrando cierta estabilidad en cuanto a la tasa de promoción.
3. Los modelos de tendencia mejores ajustados fueron:
 - El modelo de tendencia cuadrática para los indicadores Tasa de Promoción 1er año, Eficiencia Académica Terminal y Eficiencia Académica Vertical.
 - Modelos de Tendencia autorregresivos: ARIMA (2,1), para el indicador Tasa de Promoción 2do año y ARIMA (3,2) para los indicadores: Tasa de Promoción 3er y 5to año y para el indicador Tasa de Promoción 4to el ARIMA (4,3).
4. La validación del modelo se determinó a través del coeficiente de correlación de Spearman que es el adecuado cuando los datos son no paramétricos, los cuales mostraron valores más próximos al uno que al cero.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones que se obtuvieron en el presente trabajo, permiten recomendar:

- Aplicar los modelos propuestos para el resto de las carreras de la Universidad Agraria de la Habana.
- Implementar los modelos seleccionados para el plan de estudio E en la carrera objeto de estudio.
- Continuar esta investigación con nuevos indicadores para futuras tomas de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Arizmendi E. (1997) “consideraciones sobre la planeación de la educación superior en México”(*) Director de Fomento Institucional de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica de la SEP y miembro del Secretariado Conjunto de la Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación
http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/Esp_16/11.pdf dirección de planeación2-5 de abril de 2018
- Ateaga, Laura 2018. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias de la educación. CEESA. UNAH.
- Almuiñas J. 2005, 2006 “Acercamiento a la problemática de las repitencias y las bajas en la Educación Superior en el marco de la evaluación de la eficiencia académica: su magnitud y sus principales factores de influencia en carreras seleccionadas”. CEPES.
- Anuies. B. 2001. Deserción, rezago y Eficiencia Terminal en las IES: propuesta metodológica para su estudio.[en línea] [Consultado el 23 de febrero de 2009] Disponible en la Web:<http://www.anuies.mx/servicios/d_estrategicos/libros/libros98.htm>
- Arce P. y Mahía. T (1997) Dpto. Economía Aplicada.U.D.I. Econometría e Informática. Modelo Arima.
- Arellano, M. (2001): "Introducción al Análisis Clásico de Series de Tiempo", [en línea] *5campus.com*, *Estadística* <<http://www.5campus.com/leccion/seriest>> [23 de noviembre 2018]
- Arranz J.M. y Zamora MM (2002). Análisis de autorregresión.
- Baena G. 2015. Planeación Prospectiva Estratégica. Teoría metodología y buenas prácticas en América Latina. Universidad Nacional Autónoma de México.Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Dirección General de Personal Académico. PROYECTO PAPIME No. PE300414 • 2015 pág. 33. ISBN UNAM:978-607-02-6715-4

- Bello P, León D. y Martinez Sandra, 2007 “A methodology of time series for the health field -a practical case”. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, July/Dec. 2007, vol.25, no.2, p.118-122. ISSN 0120-386X.
- Brown, BW y Savage, R en 1960, “Methodological Studies in Educational Attendance Prediction. University of Minnesota, Department of Statistics, Mineapolis.
- Cabrer B, 2005. *Econometría II. Tema 7. Series Temporales introducción*. Valencia, Pag.1.
- Camarena, R.1985. "Reflexiones en torno al rendimiento escolar y a la eficiencia terminal", en *Revista de la Educación Superior*, N° 53, ANUIES, México [Consultado el 8 de octubre de 2018]. Disponible en la Web:<http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/revsup/res053/txt2.htm>
- Capó JR, 1987, Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias.
- Capó JR, 2013 “Gestión de Procesos Universitarios” Centro de Estudios de la Educación Superior Agropecuaria. Material didáctico para la Maestría en Docencia Superior Agraria
- Carrón, G. 1996. Seis años después de Jontien: ¿Dónde estamos? Carta Informativa del IIPE. Vol. XIV, No 3, Pág. 1-2.
- Correa H.1963 “The Economics of Human Resources”, North Holland Publ. Co Amsterdam. /sitios/vigilancia/rtv0305.pdf
- Coutin G, 2001. Análisis de Series temporales. Folleto para la Maestría de Salud Pública. Escuela Nacional de Salud Pública de Cuba [sitio en Internet].2021 [citado 2 Feb 2019]. Disponible en: <http://www.vcl.sld.cu/iscm/facmed/web%20salud/materiales/seriet.htm>.
- Coutin Marie G.2001 Vigilancia en salud: Apuntes sobre su desarrollo histórico [sitio en Internet]. [citado 25 Ene 2019]. Disponible en: <http://www.sld.cu/galerias/pdf>
- Cue J, Castell Ernestina, Hernández J, 1987 "Estadística" pág.237-279
- Delgado A.2002. “Los indicadores educativos. Estado de la cuestión y uso en geografía”. *Biblio 3W*, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol. VII, nº 354, 11 de marzo de 2002.

<http://www.ub.es/geocrit/b3w-354.htm> [ISSN 1138-9796] [citado 25 Ene 2019].

- Delors, J. 1996. La educación encierra un tesoro. [en línea] Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI. Santillana: Ediciones UNESCO. [Consultado el 4 de noviembre de 2018]. Disponible en la eb:<http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF y <http://www.scribd.com/doc/5447235/INFORME-DELORS-UNESCO>>
- Díaz, D., G. Patricia y DeGrawue A. 1995 Buenos indicadores para decisiones adecuadas en la Educación. Carta Informativa del IPE. Vol. XIII No 4; Pág. 1-2 / Octubre – Diciembre / 1995.
- Gallagher T. Watson, J. 2005. Métodos cuantitativos para la toma de decisiones.
- García J. 2009, Tesis en opción al título de Master en Docencia Superior Agraria.
- García, C. 1997. El valor de la pertinencia en las dinámicas de transformación de la educación superior en América Latina. En: CRESAL/UNESCO La educación superior en el siglo XXI visión de América Latina y el Caribe. Tomo I. CRESAL/UNESCO. p: 47-80.
- Graffe, H. 2009. “La planificación cuantitativa y cualitativa de la Educación y del sistema escolar”. Revista “Docencia Universitaria, Volumen X, No.1 año 2009, página 47-63. SADPRO-UCV Universidad Central de Venezuela.
- Grediaga, R. 1999. Profesión académica, disciplinas y organizaciones: procesos de socialización académica y sus efectos en las actividades y resultados de los académicos mexicanos. [en línea] *Colección Biblioteca de la Educación Superior.Serie Investigacione* ANUIES.[consultado el 23 de enero de 2019] Disponible en la Web:<http://www.anui.es.mx/servicios/d_estrategicos/libros/lib55/index.html
- Guerra, C., Menéndez, E. Barrero, R. Egaña E., 2006 Estadística. Pág. 256-272
- Horruitiner, P. 2006. La universidad cubana: el modelo de formación. La Habana: Editorial Félix Varela. 249 p. ISBN: 959-258-894-5

- Jacoby E.G. 1959. "Methods of School Enrollment Projection Educational Studies. Documents, No.32, UNESCO, París 1959.
- Jaramillo R., 2012. "Implementación de un modelo para planeación y programación académica en una Institución de Educación Superior con Cohortes no Homogéneas". Facultad de ingeniería. departamento académico de Ingeniería industrial. maestría en Ingeniería industrial Santiago de Cali, 2012.pág 32-35
- Jerez M. y Sotoca Sonia, 2010. "Análisis de series temporales y Procesos estacionarios." Econometría II. Universidad Complutense de Madrid, p.6
- Jiménez Y, Capó JR. Fernández L. 2012 Modelos matemáticos para el pronóstico de indicadores cuantitativos que miden la calidad de la educación superior en la carrera de agronomía de la universidad agraria de la habana". Revista internacional investigación operacional. Volumen 33 No. 2 ISSN 0257-4306
- Jiménez Y, Capó JR. Fernández L. 2014 Proyección del costo de la deserción escolar en la carrera de Agronomía de la UNAH. Evento Internacional Universidad 2014. ISBN 978-959-16-2255-6 Publicación Digital.
- Jiménez Y, Capó JR. Fernández L. 2016 Proyección del costo de la reincorporación estudiantil en la carrera de agronomía de la UNAH. ISBN 958959-16-3011-7 Publicación Digital.
- Kleiman, A. 1997 "La previsión de la demanda de Educación Superior y los recursos necesarios para satisfacerlos" encontrado en: 18/02/2019 http://publicaciones.anuies.mx/pdfs/revista/Revista17_S1A1ES.pdf.
- Lieberman, C. 2000, Introducción a la investigación de operaciones, Editorial Félix Varela. La Habana 2007.pág 13.
- Liu, A. G.:1966 Estimating Future School Enrollment in Developing Countries. A Manual of Methodology.Statistical Reports and Studies. UNESCO, París, 1966.
- Mascareña J, 2013. Procesos Estocásticos Introducción. Universidad Complutense de Madrid. ISSN: 1988-1878

- Mayor, M. 1993: "Estudios de las Series Cronológicas para la proyección de variables cuantitativas en el marco del sistema informativo para planificadores de la Educación Superior. Revista Cubana de Educación Superior, 13, 201-208. ISSN 257-4314
- MES. 2009. Historia Universitaria. [en línea]. Portal de la Red Nacional de Educación Superior. [Consultado el 20 de enero de 2019] Disponible en: http://www.mes.edu.cu/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=6
- Miklos T. y Arroyo M., 2008. Prospectiva y escenarios para el cambio social.
- Miklos, T 2002. "Planeación Prospectiva y Estratégica. Ponencia presentada en el V Encuentro de Estudios Prospectivos. Guadalajara, México, diciembre de 2002.
- Molinero, A. 2004. "Análisis de series Temporales" Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga española para la lucha contra la hipertensión arterial. Disponible en: www.seh-lelha.org/stat1.htm [Consultado el 20 de enero de 2019]
- Muñoz, E. 2005. Indicadores de rendimiento académico del alumnado de la universidad de la laguna. <http://comeval.webs.ull.es/comeval/formacion/jornadas18abril05/PONENCIAASJORNADAS/JornadasSoledadMunoz.pdf>.
- Parra, E. Miklos, V. Herrera M. y Soto Y. ,2007 "Diseño de una metodología prospectiva aplicada en educación superior". **Edusfarm, revista d'educació superior en Farmàcia. Núm. 1, 2007**
- Pita T y Corengia N (2005) Rendimiento Académico en la Universidad. el 5to coloquio internacional sobre gestión universitaria en América del Sur.
- Pérez, J.A. 2005 . La Eficiencia Terminal en Programas de Licenciatura y su relación con la Calidad Educativa. [en línea]REICE. Año/vol. 4, No.1 [consultado el 20 de diciembre de 2018] Disponible en la web:<http://www.rinace.net/arts/vol4num1/art9.pdf>
- Rangel, S. 2003. "La planificación en la Educación Superior de México" Revista "OMNIA", página 61.

- Ruíz, A. 2003. Modelación. Metodología de la Investigación. Editorial Grifo Chapecó-
- Rincón, R. 2011. Introducción a los procesos estocásticos Departamento de Matemáticas Facultad de Ciencias UNAM Circuito Exterior de CU 04510 México DF. Versión: Enero 2011.
- *Rodríguez Ayán, M. N. y Ruíz Díaz, M. A.* 2011. Indicadores de rendimiento de estudiantes universitarios: calificaciones versus créditos acumulados *Universidad de la República. Facultad de Química. Unidad Académica de Educación Química. Montevideo, Uruguay. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Psicología. Madrid, España.* Revista de Educación, 355. pp. 467-492. http://www.revistaeducacion.mec.es/re355/re355_20.pdf
- Rosales T 2010, Modelo para la planeación prospectiva de servicios educativos de nivel medio superior en el estado de México. Premio Bienal IAPEM 2010. Modalidad investigación Prospectiva. ISBN: 978-607-8087-05-1. www.iapem.org.mx . instituto@iapem.org.mx 1era Edición Toluca México Octubre 2010.
- Salazar, M. 2004. Guía Técnica para la planeación Institucional. Universidad de Colima. Dirección General de Planeación y Desarrollo Institucional.
- Salinas, B. 2009, Procesos de nacimiento y muerte y su aplicación a colas. Tesis para obtener el grado de licenciado en Física y matemáticas. Instituto politécnico Nacional. Escuela Superior de Física y Matemáticas. México Distrito Federal.
- Sánchez, N. Fernández, L. 2004. Introducción a la estadística empresarial. Capítulo 4 series temporales.
- Schiefelbein, T. 1978." Teoría, técnica, procesos y casos en el planeamiento de la educación. Edit. El Ateneo. Buenos Aires.
- SEP, 2005. "Lineamientos para la formulación de Indicadores Educativos". Unidad de Planeación y Evaluación de Políticas Educativas. Dirección General de Planeación y Programación
- Soto L, 2011 "Calidad y Acreditación en Educación Superior / Universitaria en línea con: <http://redie.uc.cl> .

- Terrádez M, 2002 Series Temporales. Universidad Oberta de Catalunña www.uoc.edu [consultado el 3 de noviembre de 2018]
- Thorestad, T., 1964 "Educational Forecasting, Outline of a Forecasting Model for School Attendance and Supply of graduates". Sosialkonomen, Vol. 18, Núms. 2-3, Oslo, 1964.
- Torres A, García V, Cruz O y. Ruiz E, 2012. La calidad de la formación del profesional universitario, su caracterización y evaluación. <http://ebiblio.unah.edu.cu>. [consultado el 3 de noviembre de 2018]
- Torres, A. García, V., Cruz, O., E Ruiz, 2004. La calidad de la formación del profesional universitario, su caracterización y evaluación. [en línea] UNAH, 39 p. [consultado el 3 de noviembre de 2018] Disponible en: <<http://intranet.isch.edu.cu/>>
- Torres, A. y Lima Z. (2003): Criterios cuantitativos de eficiencia pedagógica en la formación del profesional de Agronomía. Revista Pedagógica Universitaria, 8, 1-7.
- UNESCO/IESALC. 2008. Declaración de la Conferencia Regional de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. - CRES 2008. [en línea] [Consultado el 28 de diciembre de 2018] Disponible en la Web: <<http://www.cres2008.org/es/index.php>>
- UNESCO, 1998 Informe Conferencia Mundial sobre "Educación Superior en el siglo XXI"
- Valderrama B, 2009. Modelos estocásticos dinámicos Discurso leído en el acto de su recepción como académico numerario por ILMO.SR.D. Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada.
- Vallejo R. 2012, Introducción a las Series Cronológicas. Capítulo 1 Modelos ingenuos. pág2 Universidad Técnica Federico Santa María.
- Vecino H, 1983. "Tendencias de la Educación Superior Cubana" Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias.
- Vidales, J.P. 1992. Dos maestrías y una especialidad en la Universidad del Valle de Atemajac: Apuntes para una evaluación de la calidad de los postgrados. Revista de la Universidad del Valle de Atemajac. p:14-22

- Villalba S. y Salcedo O, 2008. “El rendimiento académico en el nivel de educación media como factor asociado al rendimiento académico en la universidad.
<http://www.usergioarboleda.edu.co/civilizar/revista15/EL%20RENDIMIENTO%20ACADEMICO.pdf>
- Villalobos, J. 2003, <http://www.scielo.org.ve>. [consultado el 3 de noviembre de 2018]
- Vitoriano, U. 2012 “Modelos y métodos de simulación estocástica. aplicación en la valoración de opciones financieras. Dpto de estadística e investigación operativa. Facultad de Matemáticas. Universidad complutense de Madrid. P.21,15
- Zepeda, J.M. 1999. La Educación Agrícola Superior en México: Una propuesta frente a los desafíos del siglo XXI. Tesis Doctoral. La Habana : CEPES

ANEXOS:

Anexo No.1 Comparación de Porcentajes de las tasas de promoción por años académicos

Años Académicos	Medias móviles originales ($\bar{x}$)	Medias Móviles Transformadas ($\bar{x}$)	Grupos Homogéneos
1	72.8	2.06	a
2	84.7	2.34	b
3	93.3	2.71	c
4	96.9	2.80	c
5	98.5	2.96	d
Sx=		0.056*	

Letras iguales difieren según Duncan a $P \leq 0.05$

Anexo No.2 tasa de promoción 1er año

Model Comparison

Data variable: tasa de promoción 1er año

Number of observations = 41

Start index = 1

Sampling interval = 1,0 year(s)

Models

- (A) Random walk
- (B) Constant mean = 72,3488
- (C) Linear trend = $59,8724 + 0,594111 t$
- (D) Quadratic trend = $43,5053 + 2,8779 t + -0,054376 t^2$
- (E) Exponential trend = $\exp(4,02137 + 0,0102945 t)$
- (F) S-curve trend = $\exp(4,30507 + -0,643315 /t)$
- (G) Simple moving average of 3 terms
- (H) Simple exponential smoothing with alpha = 0,2052
- (I) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,1329
- (J) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,1892 and beta = 0,0699
- (K) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,1015
- (M) ARMA(0,0)
- (N) ARMA(1,0)
- (O) ARMA(2,1)
- (P) ARMA(3,2)
- (Q) ARMA(4,3)

Estimation Period

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	22,826	18,3975	28,6995	1,1075	-4,65378	6,2558
(B)	19,076	15,1868	27,8423	-2,39158E-14	-10,8537	5,94565
(C)	17,9242	14,4281	25,6661	-2,58222E-14	-9,21262	5,86986
(D)	16,7272	12,5753	22,9703	-2,66887E-14	-8,14231	5,78041
(E)	18,3684	15,3353	25,8041	2,59542	-4,97286	5,91882
(F)	18,1037	14,3494	25,2157	2,75328	-5,45862	5,88979
(G)	19,6534	15,0333	25,663	0,980702	-6,75422	5,9565
(H)	18,0763	14,2137	24,0739	2,09355	-4,9424	5,83799
(I)	18,7158	14,1774	23,7325	1,32431	-5,14881	5,90751
(J)	18,5309	14,0269	25,087	-2,39928	-11,2843	5,93644
(K)	19,1472	14,3225	24,0783	0,129998	-6,55192	5,9531
(M)	19,076	15,1868	27,8423	-2,39158E-14	-10,8537	5,94565
(N)	18,6362	14,7521	26,2999	0,193029	-9,46301	5,94777
(O)	18,7136	14,4609	25,8247	0,390175	-8,84809	6,05363
(P)	19,0136	14,1271	24,7573	1,5169	-6,79456	6,18299
(Q)	17,9994	12,6899	21,608	1,03793	-5,83843	6,17092

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	22,826	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	19,076	OK	OK	OK	*	OK
(C)	17,9242	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	16,7272	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	18,3684	OK	OK	OK	OK	OK
(F)	18,1037	OK	OK	OK	OK	OK
(G)	19,6534	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	18,0763	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	18,7158	OK	OK	OK	OK	OK
(J)	18,5309	OK	OK	OK	OK	OK
(K)	19,1472	OK	OK	OK	OK	OK
(M)	19,076	OK	OK	OK	*	OK
(N)	18,6362	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	18,7136	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	19,0136	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	17,9994	OK	OK	OK	OK	OK

Anexo 3 Tasa de promoción 2do año.

(A)	17,9942	11,9564	17,0228	0,212821	-3,37946	5,78009
(B)	15,2429	10,9308	16,5434	1,47438E-14	-5,12225	5,49823
(C)	15,1223	11,0409	16,4429	1,40332E-14	-4,86838	5,53233
(E)	15,2701	11,5507	16,653	1,6657	-2,71781	5,5518
(F)	15,5418	11,5246	16,9052	1,76497	-2,92962	5,58706
(G)	16,8101	11,2117	16,6423	-0,274775	-5,02648	5,64396
(H)	15,2373	11,2341	16,5051	0,170611	-4,40178	5,49749
(I)	15,6528	11,7561	17,0927	0,0684502	-4,43213	5,5513
(J)	15,9783	11,538	16,9761	-0,856709	-5,51207	5,64246
(K)	15,9354	11,9105	17,348	-0,777186	-5,37402	5,58708
(M)	15,2429	10,9308	16,5434	1,47438E-14	-5,12225	5,49823
(N)	14,7285	10,8538	16,1249	0,0208936	-4,62402	5,47956
(O)	14,6183	10,9013	15,8095	0,0964443	-4,14254	5,56455
(P)	14,7577	10,8738	15,7387	-0,0302523	-4,13777	5,68353
(Q)	14,8046	10,5269	15,0824	-0,0681848	-3,91555	5,78988

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	17,9942	OK	*	OK	OK	***
(B)	15,2429	OK	OK	OK	OK	**
(C)	15,1223	OK	*	OK	OK	**
(E)	15,2701	OK	*	OK	OK	*
(F)	15,5418	OK	OK	OK	OK	**
(G)	16,8101	OK	OK	OK	OK	***
(H)	15,2373	OK	OK	OK	OK	**
(I)	15,6528	OK	OK	OK	OK	**
(J)	15,9783	OK	OK	OK	OK	***
(K)	15,9354	OK	**	OK	OK	**
(M)	15,2429	OK	OK	OK	OK	**
(N)	14,7285	OK	OK	OK	OK	**
(O)	14,6183	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	14,7577	OK	OK	OK	OK	**
(Q)	14,8046	OK	OK	OK	OK	**

Anexo 4 Tasa de promoción 3er año

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	16,0319	9,28421	11,7566	0,0157895	-2,30434	5,54916
(B)	11,7318	7,28323	9,89917	4,37257E-15	-2,51062	4,97589
(C)	11,5162	7,27935	9,75313	1,02027E-14	-2,35497	4,99008
(D)	11,6744	7,25531	9,72975	7,28762E-16	-2,35537	5,06865
(E)	11,5767	7,7555	10,1338	0,898254	-1,32967	5,00056
(F)	11,9286	7,81389	10,3664	0,967556	-1,44714	5,06045
(G)	14,4878	9,55093	12,5291	0,0546296	-2,77203	5,34661
(H)	11,8747	7,86019	10,4066	0,872993	-1,5467	5,00011
(I)	12,1125	8,57722	10,9744	2,1371	-0,0949169	5,03976
(J)	12,1041	7,26157	9,90733	-0,808172	-3,36287	5,08965
(K)	12,2259	8,66914	11,0356	2,12609	-0,0706492	5,0584
(M)	11,7318	7,28323	9,89917	4,37257E-15	-2,51062	4,97589
(N)	11,8654	7,3717	9,9746	-0,00208778	-2,49757	5,04982
(O)	12,034	7,2717	9,81262	0,000772434	-2,43615	5,18061
(P)	10,0512	6,74051	8,50242	0,154742	-1,42234	4,92308
(Q)	10,0858	6,84954	8,48558	0,238433	-1,17639	5,03251

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	16,0319	OK	*	OK	OK	***
(B)	11,7318	OK	OK	OK	OK	***
(C)	11,5162	OK	OK	OK	OK	***
(D)	11,6744	OK	OK	OK	OK	***
(E)	11,5767	OK	OK	OK	OK	***
(F)	11,9286	OK	OK	OK	OK	***
(G)	14,4878	OK	OK	OK	OK	***
(H)	11,8747	OK	OK	OK	OK	***
(I)	12,1125	OK	OK	OK	OK	***
(J)	12,1041	OK	OK	OK	OK	***
(K)	12,2259	OK	OK	OK	OK	***
(M)	11,7318	OK	OK	OK	OK	***
(N)	11,8654	OK	OK	OK	OK	***
(O)	12,034	**	OK	OK	OK	***
(P)	10,0512	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	10,0858	OK	OK	OK	OK	**

Key:

Anexo 5 tasa de promoción 4to año.

Estimation Period						
Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	5,46272	3,63514	3,8583	0,208108	0,0470482	3,3959
(B)	3,80643	2,84515	3,02295	-1,00972E-14	-0,161789	2,72601
(C)	3,81711	2,82148	2,99288	-1,64547E-14	-0,157842	2,78425
(D)	3,7335	2,75344	2,91076	1,86985E-15	-0,14626	2,79258
(E)	3,8188	2,84942	3,01881	0,0744642	-0,0805293	2,78514
(F)	3,82799	2,82762	3,00152	0,0751742	-0,0816889	2,78994
(G)	4,09667	2,86667	3,05551	-0,2	-0,361027	2,82035
(H)	3,87338	2,6953	2,88547	-0,518071	-0,69819	2,76089
(J)	4,11727	2,94777	3,13943	-0,192817	-0,36613	2,93564
(K)	3,84454	2,73829	2,92389	-0,344756	-0,518732	2,74594
(M)	3,80643	2,84515	3,02295	-1,00972E-14	-0,161789	2,72601
(N)	3,84933	2,842	3,01922	-0,0072247	-0,168379	2,80106
(O)	3,92148	2,8848	3,05982	-0,0000406688	-0,157295	2,94346
(P)	3,62709	2,38497	2,52594	0,0615658	-0,0631328	2,89265
(Q)	3,35124	2,31597	2,42917	0,209291	0,111546	2,83972
Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	5,46272	OK	*	OK	OK	**
(B)	3,80643	OK	OK	OK	OK	*
(C)	3,81711	OK	OK	OK	OK	*
(D)	3,7335	OK	OK	OK	OK	*
(E)	3,8188	OK	OK	OK	OK	*
(F)	3,82799	OK	OK	OK	OK	**
(G)	4,09667	OK	OK	OK	OK	*
(H)	3,87338	OK	OK	OK	OK	*
(J)	4,11727	OK	OK	OK	OK	*
(K)	3,84454	OK	OK	OK	OK	*
(M)	3,80643	OK	OK	OK	OK	*
(N)	3,84933	OK	OK	OK	OK	*
(O)	3,92148	OK	OK	OK	OK	*
(P)	3,62709	OK	OK	OK	OK	*
(Q)	3,35124	OK	OK	OK	OK	OK

Resu-

Anexo 6 Tasa de Promoción 5to año.

Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	3,95804	2,43889	2,5431	0,0	-0,0862869	2,7515
(B)	2,79379	2,11103	2,19484	1,53631E-15	-0,0830865	2,10885
(C)	2,83269	2,09837	2,18199	-3,07262E-15	-0,0830568	2,19056
(D)	2,87235	2,09547	2,17888	2,68854E-15	-0,0829548	2,27243
(E)	2,833	2,11621	2,19923	0,040051	-0,0423077	2,19078
(F)	2,81258	2,07251	2,15408	0,0394737	-0,041695	2,17631
(G)	3,44483	2,37549	2,47483	-0,0284314	-0,124908	2,47375
(H)	2,85418	2,03307	2,12287	-0,295712	-0,385207	2,15162
(I)	2,84032	2,06611	2,15356	-0,166913	-0,25402	2,14189
(J)	3,09133	2,38883	2,47422	0,274806	0,191068	2,36531
(K)	2,83901	2,04196	2,13021	-0,225948	-0,313907	2,14097
(M)	2,79379	2,11103	2,19484	1,53631E-15	-0,0830865	2,10885
(N)	2,83317	2,11351	2,19733	0,000185202	-0,0828762	2,1909
(O)	2,9069	2,11402	2,19724	0,0046205	-0,0777186	2,35039
(P)	2,52574	1,79063	1,84851	0,152054	0,0965226	2,1774
(Q)	2,55393	1,71668	1,7711	0,187203	0,135141	2,3077
Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3,95804	OK	*	OK	OK	OK
(B)	2,79379	*		OK	OK	OK
(C)	2,83269	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	2,87235	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	2,833	OK	OK	OK	OK	OK
(F)	2,81258	OK	OK	OK	OK	OK
(G)	3,44483	**	OK	OK	OK	OK
(H)	2,85418	*	OK	OK	OK	OK
(I)	2,84032	*	OK	OK	OK	OK
(J)	3,09133	*	OK	OK	OK	OK
(K)	2,83901	*	OK	OK	OK	OK
(M)	2,79379	*		OK	OK	OK
(N)	2,83317	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	2,9069	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	2,52574	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	2,55393	OK	OK	OK	OK	*

Key:
RMSE = Root Mean Squared Error

Anexo 7 Eficiencia Terminal

Estimation Period						
Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	0,196274	0,146823	31,7504	0,00386598	-7,4285	-3,25649
(B)	0,176741	0,145516	36,7056	2,14543E-16	-16,1077	-3,41208
(C)	0,175647	0,142305	35,3508	1,93539E-16	-15,2505	-3,37044
(D)	0,157778	0,131183	32,333	1,54531E-16	-12,2325	-3,53097
(E)	0,179596	0,14174	32,8469	0,0314581	-7,85462	-3,32598
(F)	0,177521	0,143059	33,9557	0,0321591	-8,14707	-3,34922
(G)	0,184114	0,149722	33,6977	0,00527247	-9,69666	-3,3844
(H)	0,168917	0,133357	30,3754	0,00577154	-9,40656	-3,50264
(I)	0,176313	0,138214	31,0367	0,00241112	-9,08997	-3,41694
(J)	0,179986	0,141586	35,2885	-0,042962	-20,8206	-3,32164
(K)	0,181437	0,142693	31,8634	-0,00245685	-9,37181	-3,35964
(M)	0,176741	0,145516	36,7056	2,14543E-16	-16,1077	-3,41208
(N)	0,16568	0,134964	32,2853	0,00111482	-12,8032	-3,48729
(O)	0,159714	0,121465	29,3066	0,00147169	-11,215	-3,45253
(P)	0,164226	0,119842	29,0485	0,00116697	-11,2459	-3,2887
(Q)	0,166305	0,11954	28,74	0,00143906	-10,7363	-3,15543
Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	0,196274	OK	OK	OK	OK	*
(B)	0,176741	OK	**	OK	OK	OK
(C)	0,175647	OK	**	OK	OK	OK
(D)	0,157778	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	0,179596	OK	***	OK	OK	OK
(F)	0,177521	OK	*	OK	OK	OK
(G)	0,184114	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	0,168917	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	0,176313	OK	OK	OK	OK	OK
(J)	0,179986	OK	OK	OK	OK	OK
(K)	0,181437	OK	OK	OK	OK	OK
(M)	0,176741	OK	**	OK	OK	OK
(N)	0,16568	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	0,159714	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	0,164226	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	0,166305	OK	OK	OK	OK	OK

Anexo 8 Eficiencia Vertical

Estimation Period						
Model	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE	AIC
(A)	25,0451	19,399	41,1786	-0,269895	-13,4754	6,44136
(B)	23,9523	20,3048	64,7773	-7,32747E-15	-39,5768	6,41463
(C)	21,1275	17,9568	50,6404	-4,44089E-15	-27,5516	6,22615
(D)	19,2327	15,0725	41,4964	-9,10383E-15	-20,9394	6,10072
(E)	22,9678	18,6959	45,0536	4,4857	-14,3487	6,39319
(F)	23,4649	20,0318	53,9115	6,11744	-19,8563	6,43601
(G)	21,7454	15,7694	38,6202	2,25732	-14,5447	6,1588
(H)	21,0682	16,2159	41,0137	2,50379	-15,9656	6,15803
(I)	21,8524	15,3569	36,9544	0,814266	-14,6962	6,23112
(J)	21,8015	15,8699	44,1353	-2,81936	-26,9355	6,28895
(K)	22,4662	15,2827	36,0761	-0,801964	-16,2495	6,28653
(M)	23,9523	20,3048	64,7773	-7,32747E-15	-39,5768	6,41463
(N)	21,7241	17,8509	49,3947	-0,02105	-27,34	6,28184
(O)	21,7112	16,6471	46,4233	0,907544	-24,3324	6,40566
(P)	19,677	13,7264	39,1061	-0,508903	-21,2406	6,3339
(Q)	21,0751	14,3204	40,8625	0,715207	-21,2413	6,59618

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	25,0451	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	23,9523	OK	OK	*	**	OK
(C)	21,1275	OK	*	OK	OK	OK
(D)	19,2327	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	22,9678	OK	*	OK	OK	OK
(F)	23,4649	OK	OK	OK	OK	OK
(G)	21,7454	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	21,0682	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	21,8524	OK	OK	OK	OK	OK
(J)	21,8015	OK	OK	OK	OK	OK
(K)	22,4662	OK	OK	OK	OK	OK
(M)	23,9523	OK	OK	*	**	OK
(N)	21,7241	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	21,7112	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	19,677	OK	OK	OK	OK	OK
(Q)	21,0751	OK	OK	OK	OK	OK

Key:

RMSE = Root Mean Squared Error

RUNS = Test for excessive runs up and down

RUNM = Test for excessive runs above and below median

AUTO = Box-Pierce test for excessive autocorrelation

MEAN = Test for difference in mean 1st half to 2nd half

VAR = Test for difference in variance 1st half to 2nd half

OK = not significant ($p \geq 0.05$)

* = marginally significant ($0.01 < p \leq 0.05$)

** = significant ($0.001 < p \leq 0.01$)

*** = highly significant ($p \leq 0.001$)