

Modelos para explicar el desgranamiento en una carrera de Ingeniería

Lucas Leone¹, Katerinne Veizaga¹, José Conforte¹, José Luis Zanazzi¹

¹ Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN), Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina.
{lucasmati9, veizagakaterinne, confortel23, jl.zanazzi}@gmail.com

Resumen. El desgranamiento es un fenómeno que reduce de modo significativo las cantidades de egresados en carreras de Ingeniería. Asumiendo que las Universidades pueden y deben adoptar estrategias y acciones para reducir este flagelo, el presente trabajo analiza dos posibles modelos para explicar el ritmo de avance en las currículas. El primer modelo supone que todos los estudiantes tienen la misma posibilidad de evolucionar positivamente en la carrera y que las cuestiones institucionales introducen un factor aleatorio que puede generar variaciones en las posibilidades de avance. El segundo asume que las cohortes ingresantes pueden dividirse en al menos dos grupos con posibilidades diferentes, conforme a la capacidad de adaptación al modelo educativo propuesto. La resolución de estos modelos se realiza por Simulación. Los resultados se contrastan contra datos reales de una carrera de Ingeniería. Se describen ambos modelos y el modo de resolverlos, además se analizan estrategias apropiadas para cada situación.

Palabras clave: Educación. Simulación. Probabilidades. Desgranamiento.

1 Introducción

La deserción y el desgranamiento son problemas comunes a todas las carreras universitarias que se desarrollan en Argentina, lo cual incluye a las que tienen Investigación Operativa como parte de su plan de estudios. Corresponde aclarar que el término desgranamiento hace referencia a las demoras que experimentan los estudiantes, respecto al ritmo de avance planteado en el diseño curricular, en tanto que deserción implica el abandono definitivo.

Una mirada simplista, invita a suponer que estos problemas se originan en cuestiones obvias y ajenas a la Universidad, como la mala formación en el nivel medio, o la escasa predisposición de los alumnos a estudiar. Sin embargo, resulta difícil soslayar la responsabilidad que inevitablemente tienen las propias instituciones universitarias.

En efecto, hace ya tiempo que las publicaciones especializadas reconocen que tanto la deserción como el desgranamiento, se vinculan de manera evidente con las estrategias de las entidades de formación superior [1, 2, 3, 4].

Enrolado en esta corriente y bajo el convencimiento de que es factible adoptar estrategias y acciones para intervenir con éxito en la lucha contra estos flagelos, el presente trabajo analiza dos posibles modelos para explicar el ritmo de avance en las currículas.

El primero de estos modelos supone que todos los estudiantes que ingresan a una carrera, tienen la misma posibilidad de evolucionar positivamente en ella y que las cuestiones institucionales introducen un factor aleatorio que puede variar sus posibilidades de avance. El segundo, en cambio, asume que las cohortes ingresantes pueden dividirse en al menos dos grupos con posibilidades diferentes, conforme a la capacidad de adaptación al modelo educativo propuesto, que tengan sus integrantes.

El caso de estudio es el de una carrera de Ingeniería que tiende a repetir el mismo comportamiento.

Una de las características de ese comportamiento es que la variable cantidad de asignaturas aprobadas en primer año, por los ingresantes, tiene distribución bimodal. Cabe destacar que los autores encuentran que comportamientos similares pueden verificarse en muchas otras formaciones de grado.

En la práctica, el trabajo analiza si alguno de los modelos propuestos permite explicar el comportamiento bimodal de la distribución. Con esta finalidad, se desarrollan una serie de experimentos de simulación discreta.

El aporte del presente trabajo radica en la propuesta de estos modelos y el modo de verificar su validez. Por supuesto, realizar esta verificación es recomendable porque estos comportamientos teóricos

pueden vincularse con estrategias efectivas para controlar los procesos de deserción y desgranamiento, en primer año de la Universidad.

El trabajo se organiza del siguiente modo: después de la introducción se comentan diversas acciones realizadas en la organización estudiada, con la finalidad de controlar la deserción y el desgranamiento; luego se presentan los dos modelos y se plantea el modo de análisis; a continuación se resumen los resultados obtenidos en la simulación y se analizan las acciones vinculadas, finalmente se agregan conclusiones apropiadas y se sugieren líneas de investigación futuras.

1.1 Estrategias apropiadas para afrontar la deserción y el desgranamiento

Como se precisa anteriormente, los aportes al conocimiento realizados desde el área educativa, hacen pensar que los problemas en el ritmo de avance de los estudios universitarios son universales y que las instituciones pueden adoptar medidas adecuadas para combatirlos. Ampliando este concepto, se destaca que: “los aspectos sociales, académicos, y personales - emocionales están fuertemente relacionados con una mayor retención.” [1], es decir que las universidades pueden adoptar propuestas académicas que estimulen el avance, más allá de las posibilidades individuales de sus alumnos.

Por otra parte, los especialistas sostienen que: “el ajuste a una universidad puede ser fundamental para el rendimiento académico y su posterior persistencia. Los factores académicos, sociales, institucionales y de ajuste resultan predictores de la persistencia” [2]. En este caso, el término ajuste hace referencia a la capacidad del estudiante para adaptarse a las modalidades y requerimientos de la Universidad donde estudia.

Más recientemente, los autores utilizan el concepto de resiliencia [3,4], mediante el cual hacen referencia a la capacidad de los estudiantes para sobreponerse a las situaciones difíciles y para superar la adversidad. Con este concepto, se reconoce que las entidades educativas pueden incluso generar situaciones extremas, que en vez de facilitar, dificulten el avance normal.

Ante estas evidencias, resulta razonable adoptar un modelo general para representar los resultados académicos de los alumnos en primer año. En definitiva, es posible asumir que el avance se encuentra relacionado con los siguientes cuatro grupos de factores:

a - Factores personales: características individuales como competencias desarrolladas, experiencias previas, vocación, limitaciones, dificultades. Diversas fuentes consideran como importante la capacidad de auto adaptación del alumno a las condiciones del medio universitario.

b - Factores estructurales: se consideran diversos elementos del ambiente universitario que pueden tener una importante influencia, como por ejemplo, medios utilizados; servicios brindados; infraestructura; sistemas informáticos.

c - Factores académicos: refiere a la propuesta formativa e incluye tanto las actividades curriculares como las prácticas docentes, reglamentos o actividades extracurriculares.

d - Factores sociales: hacen a la relación con los restantes actores, dado que a partir del ingreso el estudiante genera un nuevo mapa de vínculos y relaciones. En general, las publicaciones especializadas sostienen que aumenta la posibilidad de que el estudiante realice un trayecto exitoso cuando se identifica con la carrera elegida y cuando genera rápidamente un sentido de pertenencia con la unidad académica.

Ahora bien, cada uno de estos factores puede actuar de manera positiva o negativa sobre la retención y el avance en las carreras. Con esa lógica, una decisión conveniente es la de investigar cuáles son las cuestiones con mayor impacto, de modo de potenciar las que influyen de manera positiva y a la vez, controlar o eliminar las que tienen impacto negativo.

2 Materiales y Métodos

Para explicar el desgranamiento en la carrera analizada, se plantean dos hipótesis de trabajo; en la primera de ellas se considera que las posibilidades de avance son idénticas para todos los estudiantes, mientras que las cuestiones no personales introducen una componente que depende totalmente del azar. En la segunda, en cambio, se supone la existencia de al menos dos grupos con posibilidades de éxito completamente diferentes y de nuevo, con una componente aleatoria que representa a otros factores intervinientes. Los resultados esperables con cada una se estiman mediante simulación.

2.1. Consideraciones y datos a utilizar

Se proponen dos modelos que responden a las hipótesis planteadas. Como datos de partida se utilizan los resultados de las materias cursadas en primer año, correspondientes a la cohorte 2012. Los valores relevados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las cursadas de primer año de la cohorte 2012

Asignaturas de Primer Año	Proporción de alumnos aprobados	Proporción de alumnos desaprobados
Introducción a la Matemática	0.377	0.623
Introducción a la Ingeniería	0.654	0.346
Química Aplicada	0.278	0.722
Representación Gráfica	0.547	0.453
Álgebra Lineal	0.146	0.854
Análisis Matemático I	0.358	0.642
Física I	0.227	0.773
Taller y Laboratorio	0.229	0.771
Informática	0.337	0.663

(2) Los resultados se obtienen mediante simulación discreta. Los dos modelos se resuelven mediante experimentos con una longitud de corrida de 1500 alumnos y a continuación se comparan los resultados de la simulación con los registros reales.

Al simular la evolución de cada alumno, se tiene en cuenta la influencia de las materias correlativas del primer semestre sobre las del segundo, de manera que solo se puede aprobar una asignatura cuando la anterior (correlativa), se encuentra aprobada.

Con los resultados de la simulación y los registros reales, se confecciona una tabla en la cual se clasifican los estudiantes según la cantidad de materias aprobadas en primer año. Para ello, se conforman las siguientes cuatro categorías:

Categoría 1: Cantidad de alumnos que aprobaron dos materias o menos

Categoría 2: Cantidad de alumnos que aprobaron tres o cuatro materias

Categoría 3: Cantidad de alumnos que aprobaron cinco o seis materias

Categoría 4: Cantidad de alumnos que aprobaron siete o más materias

Los resultados de la simulación se cotejan con los datos reales mediante la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado [5]. En esta prueba se contrasta la hipótesis nula de que las proporciones verdaderas para cada categoría son las obtenidas mediante la simulación, contra la alternativa de que en realidad las verdaderas proporciones son diferentes.

Con esta finalidad, se comparan las frecuencias absolutas observadas en la cohorte 2012, para cada categoría, con las frecuencias esperables si la hipótesis nula es cierta. La comparación se realiza mediante el estadístico χ^2 [6].

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Donde

k es el número total de categorías

O_i es el valor observado para la categoría i

E_i es el valor esperado para la categoría i

Para establecer el nivel de significación de las pruebas, es necesario analizar el efecto que los diferentes tipos de error pueden provocar en el estudio. En este caso, cometer un Error de Tipo I conduce a pensar que el modelo no se ajusta cuando sí lo hace, en tanto que un Error Tipo II sería aceptar el modelo como correcto cuando no lo es.

Con esta lógica, se considera que cometer el Error Tipo II es más grave que cometer el de tipo I, ya que conlleva la posibilidad de tomar decisiones con base en un modelo erróneo. Por ello se adopta un nivel de significancia grande, $\alpha=0,10$. Entonces, para este caso, con tres grados de libertad, y el nivel de significación mencionado, el valor crítico para el estadístico es 6,25.

2.2 Presentación del Modelo I

En el primer modelo se plantea la hipótesis de que todos los alumnos tienen las mismas probabilidades de aprobar las asignaturas del primer año. Estas probabilidades se estiman a partir de las proporciones relevadas en la Tabla 1

Sea A_i el evento “el estudiante aprueba la asignatura i ” y sea \bar{A}_i el evento complementario, entonces:

$$P(A_i) = p_i \quad (2)$$

(3) Según el supuesto asumido para este modelo, los resultados obtenidos por los estudiantes no están condicionados por ningún factor; entonces, al asumir independencia en estos resultados, se tiene que:

$$P(A_1 \text{ y } A_2 \text{ y } \dots \text{ y } A_8 \text{ y } A_9) = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_9 \quad (3)$$

La expresión (3) propone que la probabilidad de aprobación de cada asignatura es independiente de los resultados obtenidos en las restantes actividades curriculares. Esto es factible si la cohorte se integra con alumnos que tienen características similares y si existe una cierta cuota de aleatoriedad en los resultados, producto de factores que los estudiantes no pueden controlar.

2.3 Presentación del modelo II

Para el segundo experimento se plantea la hipótesis de que existen dos grupos bien diferenciados a los que se denominan “alumnos mejor adaptados al sistema” y “alumnos con menor adaptación al sistema”. La diferencia entre ellos se justifica a partir de los factores personales, académicos y sociales que fueron mencionados anteriormente. Con esta idea, los integrantes del primer grupo tienen mejor rendimiento académico que los del segundo.

Como notación en el modelo se utiliza la siguiente:

G1: Es el Grupo 1 y corresponde a los “alumnos mejor adaptados al sistema”.

G2: Es el Grupo 2 y corresponde a los “alumnos con menor adaptación al sistema”.

Para el primer grupo se supone, para cada materia, una probabilidad de aprobación mayor que la media y para el segundo una menor que la media. Para determinar las probabilidades de manera coherente, se utiliza el Teorema de la Probabilidad Total. Este teorema establece [5]:

Sean A_1, \dots, A_k eventos mutuamente excluyentes y exhaustivos. Entonces para cualquier otro evento B ,

$$P(B) = P(B|A_1)P(A_1) + \dots + P(B|A_k)P(A_k) \quad (4)$$

$$P(B) = \sum_{i=1}^k P(B|A_i)P(A_i) \quad (5)$$

La probabilidad de que se apruebe la materia i es entonces:

$$P(A_i) = P(A_i|G1)P(G1) + P(A_i|G2)P(G2) \quad (6)$$

Donde

$P(A_i)$ es la probabilidad de aprobar la materia i según los datos de la cohorte 2012

$P(A_i|G1)$ es la probabilidad de aprobar de los alumnos pertenecientes al Grupo 1

$P(A_i|G2)$ es la probabilidad de aprobar de los alumnos pertenecientes al Grupo 2

$P(G1)$ es la probabilidad de que haya alumnos pertenecientes al Grupo 1

$P(G2)$ es la probabilidad de que haya alumnos pertenecientes al Grupo 2

Las proporciones $P(A_i|G1)$, $P(A_i|G2)$, $P(G1)$ y $P(G2)$, se obtienen mediante varias pruebas con diferentes valores hasta encontrar aquellos parámetros que ajustan mejor el modelo. Los mismos se explicitan en la sección 3.2.

3 Resultados

3.1 Experimentación con el modelo I

Como se anticipó, en los dos experimentos se obtiene el número de asignaturas aprobadas por cada alumno. A partir de los resultados del Experimento I, se calculan las frecuencias esperadas para cada categoría y se obtienen los resultados detallados en la Tabla 2 y graficados en la Figura 1.

Tabla 2. Resultados del Experimento I

Cantidad de materias aprobadas	2 o menos	3 o 4	5 o 6	7 o más
Frecuencia esperada	96	58	16	2
Frecuencia real	84	19	23	45

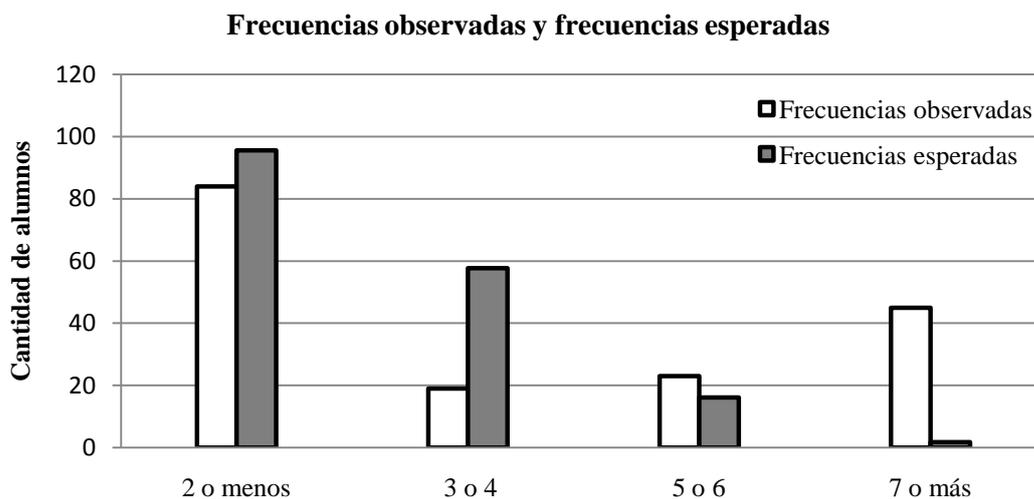


Figura 1. Frecuencias observadas y frecuencias esperadas en el Experimento I.

Con estas distribuciones de frecuencias se obtiene un estadístico χ^2 de 1126.24. Este resultado es contundente y evidencia que no es razonable pensar que existe un único grupo de estudiantes. Esto es, el supuesto de que los estudiantes de primer año constituyen un conjunto homogéneo con probabilidades de

aprobación similares a las frecuencias relativas observadas, es incompatible con los datos de la cohorte analizada.

3.2. Experimentación con el modelo II

Como se mencionó anteriormente, el modelo II reconoce la existencia de dos grupos de estudiantes, por lo que en este caso es preciso adoptar una mayor cantidad de parámetros en la simulación. Uno de ellos es la proporción de alumnos que integra cada grupo. En este caso se trabajó con valores para el grupo de “adaptados”, que van de 0,20 a 0,50. Los mejores resultados se obtuvieron con 0,30.

Para simular el segundo modelo también es necesario asignar valores a las proporciones de aprobación de cada una de las asignaturas y para cada grupo. Las $P(A_i/G1)$ se obtuvieron luego de numerosas pruebas con distintos valores comprendidos entre 0,65 y 0,99. A partir de las mismas se encontraron que los valores que mejor ajustan el modelo se encuentran entre 0,9 y 0,95 dependiendo de la asignatura. Con base en estos, se obtuvieron las $P(A_i/G2)$ mediante la expresión (6). En los casos en los que la probabilidad obtenida por esta vía resultó negativa, se fijó la $P(A_i/G2)$ en 0,1 o menos.

Con el procedimiento anteriormente mencionado, se obtuvieron las probabilidades a utilizar en el Experimento II, los cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Probabilidades del Experimento II

Asignatura	Alumnos del Grupo 1		Alumnos del Grupo 2	
	Probabilidad de aprobar	Probabilidad de desaprobado	Probabilidad de aprobar	Probabilidad de desaprobado
Introducción a la Matemática	0.900	0.100	0.150	0.850
Introducción a la Ingeniería	0.950	0.050	0.530	0.470
Química Aplicada	0.690	0.310	0.100	0.900
Representación Gráfica	0.900	0.100	0.400	0.600
Álgebra Lineal	0.440	0.560	0.020	0.980
Análisis Matemático I	0.900	0.100	0.130	0.870
Física I	0.640	0.360	0.050	0.950
Taller y Laboratorio	0.650	0.350	0.050	0.950
Informática	0.900	0.100	0.095	0.905

Los resultados que se obtienen se observan en la Tabla 4 y se muestran en la Figura 2.

Tabla 2. Resultados del Experimento II

Cantidad de materias aprobadas	2 o menos	3 o 4	5 o 6	7 o más
Frecuencia esperada	103	17	17	34
Frecuencia real	84	19	23	45

En este caso el valor del estadístico χ^2 es 5.05. Este valor es menor que el valor crítico para el nivel de significación establecido, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y se puede suponer válido el modelo construido. Es decir que, eligiendo probabilidades de aprobación adecuadas y con el supuesto de que el primer grupo incluye al 30% de los alumnos, el modelo II permite reproducir aceptablemente bien la distribución de frecuencias observada.

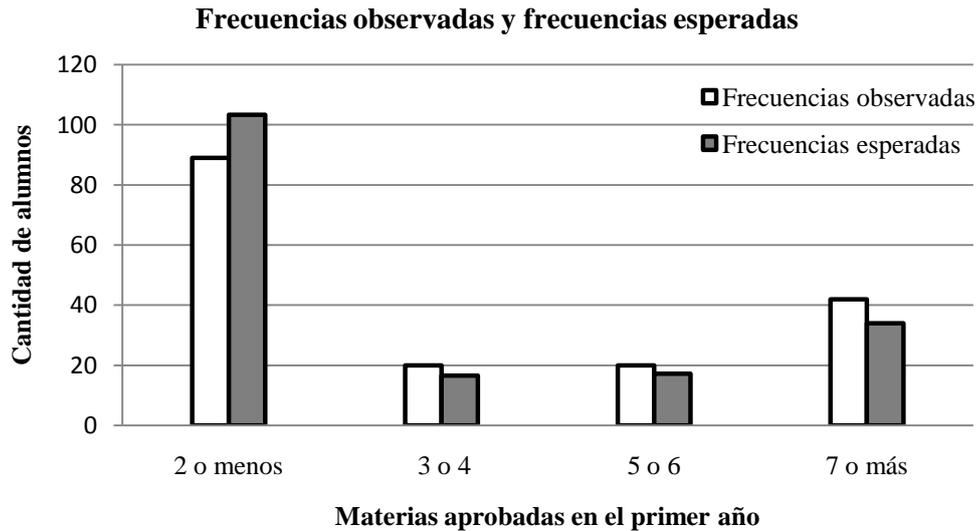


Figura 2. Frecuencias observadas y frecuencias esperadas en el Experimento II

3.3 Discusión de resultados

Al analizar los resultados obtenidos puede llegar a obtenerse un modelo aproximado de los resultados de la cohorte 2012 de la carrera de Ingeniería analizada. En el Experimento I, las frecuencias esperadas en comparación con las observadas difieren en gran medida, lo cual se evidencia en el estadístico χ^2 que toma un valor en el orden de 10^3 .

En tanto, en el Experimento II la diferencia entre valores reales y simulados es notablemente inferior a la observada en el modelo anterior. Esto se confirma mediante el estadístico χ^2 , cuyo valor es de un orden de magnitud 3 veces menor al obtenido anteriormente.

Más allá de la evidencia que brinda el estadístico, se tiene la sensación de que hay discrepancias que seguramente se originan en la simplicidad del modelo adoptado. Sin embargo, parece sumamente razonable pensar que la cohorte analizada puede dividirse en dos grupos bien diferenciados, donde los estudiantes adaptados al sistema tienen mejores posibilidades para satisfacer los requisitos planteados por la carrera.

Hay que señalar además que las diferencias entre los dos grupos parecen ser enormes, dado que en algunas asignaturas las probabilidades de aprobación son hasta nueve veces mayores en el primer conjunto de estudiantes. Otra cuestión relevante es que la dosis de aleatoriedad afecta mucho más al segundo grupo que al primero.

4 Conclusiones

En este trabajo se proponen dos modelos simples para explicar el ritmo de avance en una carrera de Ingeniería. Estos modelos se resuelven mediante simulación y sus resultados se comparan con datos reales que corresponden a la cohorte 2012 de esa carrera.

El modelo I supone que los estudiantes integran un grupo homogéneo y que cada uno de sus miembros puede tener dificultades en cualquiera de las asignaturas, por cuestiones aleatorias. En esta aleatoriedad se representan distintos factores no controlables por el alumno. El contraste con los datos reales invita a suponer que el Modelo I dista mucho de la realidad, dado que el estadístico de la prueba alcanza un valor extremadamente grande.

El modelo II es similar al primero, con la diferencia de que asume la existencia de dos grupos con posibilidades muy diferentes. En este caso, fue posible adoptar un conjunto de parámetros que reproduce aceptablemente bien la distribución de frecuencia de la variable analizada.

Con este razonamiento, parece claro que la unidad académica debe prepararse para brindar dos tratamientos diferenciados, con prestaciones adicionales para las personas que integran el segundo conjunto de alumnos. En general, la literatura especializada recomienda brindar condiciones para el

aprendizaje asincrónico, mediante la provisión de materiales adecuados, aulas virtuales y actividades adicionales.

Adicionalmente, dado que los estudiantes del grupo menos favorecido son los más propensos a engrosar la lista de desertores universitarios, sería fuertemente recomendable que la institución les ofreciera contención mediante un servicio de orientación psicopedagógico que trabajara sobre los factores personales y sociales. Esta acción podría brindar más oportunidades a los estudiantes menos favorecidos y, de este modo, aumentar la posibilidad de retenerlos en el sistema.

Por último, este trabajo debería tener continuidad en estudios similares realizados sobre otras carreras a fin de verificar la validez del modelo o bien de establecer posibles patrones diferenciales según la carrera de que se trate. Otra línea de análisis podría ser estudiar el comportamiento de diferentes cohortes de la misma carrera, en años anteriores, con esto se podrían identificar posibles variaciones en el comportamiento de los estudiantes.

6 Referencias

1. Mallinckrodt y Gerdes: Emotional, Social, and Academic Adjustment of College Students: A Longitudinal Study of Retention". *Journal of Counseling and Development*, Volumen 72, n3 (1994) 281-88.
2. Wintre M, Bowers C, Gordner N and Lange L.: Re-Evaluating the University Attrition Statistic: A Longitudinal Follow-Up Study. Sage Publications. *Journal of Adolescent Research*; Volumen 21, (2006) 111, 132.
3. Sriskandarajah, N., Bawden, R., Blackmore, C., Tidball, K. G., & Wals, A. E.: Resilience in learning systems: Case studies in university education. *Environmental Education Research*, Volumen 16 (5-6) (2010) 559-573.
4. Lundholm, C., & Plummer, R.: Resilience and learning: A conspectus for environmental education. *Environmental Education Research*, 16(5-6), (2010) 475-491.
5. Devore, J.L., *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*, pp 72 y 571, Cengage Learning (2008).
6. Peña, D., *Fundamentos de Estadística*, Alianza Editorial (2001).
7. Ato García, M., López García, J.J., *Análisis Estadístico para datos categóricos*, Editorial Síntesis S.A.
8. Corcuera J.M., *Estadística*, <http://www.mat.ub.edu/~corcuera/Estad3d.pdf>