



# UNLaR

## C I E N C I A

REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA RIOJA

Año 13 N° 2 - Agosto 2012 - Publicación Cuatrimestral



Museo de Ciencias Naturales.  
Universidad Nacional de La Rioja.

**Ciudad Universitaria de la Ciencia y de la Técnica**

*Concejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICyT)*

Año 13 N° 2  
Agosto 2012  
Volumen I

---

**UNLaR**  
C I E N C I A  
DIRECTORIO

Rector: **Enrique Daniel Nicolás Tello Roldán**  
Vice-rector: **Sergio Eduardo Martín**  
Decana Dpto. Acad. de Ciencias y Tecn. Aplicadas a la Prod., al Amb. y al Urban.: **Ana Carolina Peña Pollastri**  
Decano Dpto. Académico de Ciencias Exactas. Físicas y Naturales: **Claudio Nadal**  
Decano Dpto. Académico de Ciencias de la Salud y de la Educación: **Rubén Ceferino Daniele**  
Decano Dpto. Académico de Ciencias Sociales, Jurídicas y Económicas: **José Nicolás Chumbita**  
Decano Dpto. de Humanidades: **Rosa Beatriz Morales**  
Secretario de Ciencia y Tecnología: **Manuel Jesús Mamaní**

---

## REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA RIOJA

Director  
**Manuel Jesús Mamaní**

Colaboran con este número

**Rodolfo Dematte**  
**Rosa Herrera**  
**Josefina Huespe**  
**Rubén Moreno Ravelli**

La revista "UNLaR Ciencia" es una publicación de la Universidad Nacional de La Rioja y tiene como objetivo la edición de trabajos científicos de relevancia nacional e internacional dentro de cuatro grandes áreas: Gran área de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Ciencias Biológicas y de la Salud; Ciencias Sociales y Humanidades; Ciencias Agrarias de la Ingeniería y de los Materiales, y otras áreas correlativas.

En casos de relevancia serán publicados numerosos contenidos especiales de trabajos presentados en reuniones específicas. Para su publicación, los trabajos serán sometidos a un análisis de los editores asociados, especialistas destacados en los diferentes temas.

Como complemento, la revista publica resúmenes de tesis en el campo de las Matemáticas, Física, Química, Astronomía, Computación. Las Ciencias de la Tierra, el Agua y de la Atmósfera; Biología, Bioquímica, Ciencias Médicas y Veterinarias; Derecho, Ciencias de la Educación, Historia, Antropología, Arqueología, Geografía, Sociología, Demografía, Ciencias de la Gestión y Administración Pública; Ciencias Agrarias, de Materiales, Ingeniería Industrial, Agroindustrial de Minas y otras, y Arquitectura.

Imagen de Tapa: Museo de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Rioja.

## EDITORIAL

### La planificación de la investigación en la Universidad

La investigación en cada Universidad del mundo tiene una evolución con una historia particular, única. En la actualidad, el desarrollo de la tecnología de la comunicación, ha acelerado los procesos en todas y cada una de esas historias.

En la Universidad, se recibe al Profesor por su Curriculum vitae, y se valora su capacidad en enseñanza. Generalmente en la selección, se determina su área mayor de investigación, sin considerar lo que realmente el postulante aspira en investigación, y en muy raras ocasiones la Universidad se preocupa en exigirle participar en tal línea de investigación o en tal laboratorio. Y en muchos casos en que se le hace esta asignación -con el transcurrir de los años- el profesor toma su propia decisión, según el poder político que alcance en la institución. La Universidad siempre ha respetado la iniciativa de investigación de sus profesores y deja a elección el desarrollo de la investigación.

Son numerosas las Universidades sin un Plan Maestro de Investigación, acorde con las necesidades locales y regionales de su jurisdicción.

Son numerosos los casos en los cuales la Universidad no debe elaborar respuestas, porque no tiene preguntas de las necesidades locales y regionales de la sociedad.

Son numerosas las Universidades en las cuales -en base a esa libertad que otorga a sus docentes- se desarrolla una investigación errática, justificada en la contribución a la ciencia universal.

Son numerosas las Universidades con individualismo en los laboratorios de investigación, sin equipos de investigación, sin líneas temporales de investigación. Todos los profesores jóvenes quieren ser líderes de proyectos. No existen en estos casos los diferentes tipos de investigación entre disciplinas: la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad, y la más reciente, casi una utopía en muchos lugares, la transdisciplinariedad (se refiere al proceso en el cual ocurre la convergencia entre disciplinas, acompañado por una integración mutua de las epistemologías disciplinarias).

En numerosos casos las Universidades no tienen la capacidad de planificar la Investigación acorde con las múltiples necesidades de la sociedad. Si bien estos vacíos son cubiertos mediante la financiación de Proyectos que surgen del gobierno en el país, sin embargo no responden a una coordinación o un Plan diseñado desde la misma Universidad. Existen investigadores o grupos de investigación que no conocen su entorno local, y sin embargo desarrollan proyectos en lejanas tierras, bajo la jurisdicción incluso, de otras universidades.

¿Es que todos los profesores en la Universidad deben realizar la actividad Investigación? La Universidad necesita tener su Plan Maestro de Investigación, y también tomar la decisión de permitir al docente la elección en dedicación a la administración o investigación, además de la enseñanza, obligatoria para todos los profesores. Es preferible no hacer investigación “por falta de tiempo” en los diferentes quehaceres de la Universidad, antes que hacer una mala investigación.

Unida a la investigación, tenemos la publicación de los resultados en artículos científicos. Desde finales del siglo pasado, se discute el medio de la publicación de los artículos científicos: en Revistas con índices de Impacto o bien en Revistas locales, generalmente de la misma Universidad. Ambos medios son necesarios para toda Universidad. La Universidad debería guiar a sus profesores a la publicación científica tanto en el extranjero, como a nivel nacional, y especialmente, en la Revista Científica de la Universidad local. No es posible eliminar puntaje al investigador que publica en los medios locales. En los últimos años, surge una nueva demanda de publicación. El auge de los paradigmas Universidad-Empresa, impulsan la publicación de difusión de la investigación a la comunidad, como imprescindible a toda Universidad.

Inés Redolfi  
Investigadora  
CENIIT - UNLaR

## **Aplicación de una nueva metodología Adaptive Business Intelligence para un análisis taxonómico predictivo utilizado para la detección temprana de alumnos universitarios en riesgo de deserción.**

Roldán M. F. (1)

### **Application of a new methodology Business Adaptive Intelligence for predictive taxonomic analysis applied to the early detection of university students at risk of dropping out.**

---

#### **Abstract**

In this paper I analyze the institutional challenges of digitalization and increasing use of the new information and communication technologies (ICTs) for the processes of knowledge management in Latin American public universities. The discussion of these challenges is organized in two parts; in part one I deal with the difficulties created by knowledge privatization and, in particular, because of the worldwide features of privatization. In the second part I analyze the institutional consequences of the international mobility of highly skilled workers. Finally, I conclude with an outline of a proposal that describes the strategies and institutional changes that would permit the Latin American public university to recover its visibility and reshape itself as a credible institutional actor by means of more pertinent and effective forms of knowledge management.

**Key words:** Adaptive Business Intelligence, Predictive Software, University Desertion, Methodology

---

#### **Resumen**

A partir de los datos de un caso de estudio de una Universidad local, se exponen los pasos para desarrollar una aplicación autoadaptativa de predicción, desde el modelo obtenido de una herramienta de extracción de conocimiento, utilizando las fases de una nueva metodología de Adaptive Business Intelligence, hasta la fase de Desarrollo del Software Predictivo. Para esto se han tomado en consideración los datos socio-económico-culturales de los alumnos ingresantes y su terminalidad de estudios. Con estos datos y aplicando una metodología de Adaptive Business Intelligence (ABI) recientemente creada y orientada a ciencias de la vida, se ha generado un modelo de aprendizaje que clasifica las causalidades de deserción o terminalidad en un contexto competitivo. La aplicación de la metodología en su fase final, culmina en una etapa denominada “Desarrollo de Software Predictivo”, de la cual surge un modelo que puede ser aprovechado para generar aplicaciones orientadas a predicción, las que se podrán implementar en diferentes lenguajes de programación. En virtud de ello, se exponen las principales ventajas obtenidas de la explotación de las capacidades predictivas sobre los datos del caso y su aplicación con nuevos alumnos ingresantes a la universidad.

**Palabras claves:** Adaptive Business Intelligence, Software Predictivo, Deserción Universitaria, Metodología

---

(1) Dpto. Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de La Rioja, Luis M. de la Fuente, 5300 La Rioja, Argentina, e-mail: marcelo.rolan@unlar.edu.ar

## Introducción

En los últimos años, ha existido un gran crecimiento de nuestras capacidades de generar y coleccionar datos, debido básicamente al gran poder de procesamiento de las máquinas con su bajo costo de almacenamiento. Dentro de estos enormes volúmenes de datos, existe una gran cantidad de información “oculta”, de gran importancia estratégica, a la que no se puede acceder por las técnicas clásicas de recuperación de la información.

El presente estudio tiene como propósito exponer la aplicación de una nueva metodología de Adaptive Business Intelligence, la cual utiliza como datos de entrada un banco de datos proporcionado por una universidad nacional. Esta base de datos contiene la información respecto a los alumnos en diferentes aspectos, tales como datos personales, económicos, sociales, culturales, todos ellos favorecerán un análisis multivariado. Para este análisis se utilizaron diversas herramientas que permitieron el pre-procesamiento de los datos, su selección acorde a la sensibilidad con los resultados, clasificadores, discriminantes, normalizadores y técnicas de inteligencia artificial. Todo lo cual resulta en un árbol de clasificación que precisa aquellas causalidades principales de la deserción de los alumnos universitarios, en aquella institución mencionada.

Mediante una revisión sintética, se exponen además aquellos conceptos más relevantes para la aplicación posterior de las tecnologías en cuestión.

La investigación presentada se ha realizado sistemáticamente aplicando paso a paso la metodología ABI tal como lo indica su autor [11].

Entre los principales resultados se ha podido utilizar de manera clara y eficaz la metodología mencionada previamente, cuyos resultados han orientado gradualmente el tratamiento de la información oculta en las numerosas variables del caso. Este procesamiento exitoso, ha resultado en la determinación fehacientemente de aquellos parámetros cuyo impacto en la deserción es alto.

De manera indirecta, la resultante de este trabajo facilitará la construcción de un software que permita el ingreso directo de los datos, indicando de manera predictiva si se trata de un alumno potencialmente desertor.

De igual manera, la aplicación de las reglas obtenidas a la base de datos del SIU Guarani, facilitará la detección de aquellos alumnos que actualmente se encuentran en riesgo de deserción, con la consecuente posibilidad de adopción de medidas correctivas en la institución.

El resto del trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. Las Secciones 1.1 a 1.4 presentan los fundamentos

teóricos abarcando la tecnología de extracción de conocimiento, la metodología utilizada, la procedencia de los datos y las ventajas competitivas a lograr. En la Sección 2.1 aplicamos la metodología seleccionada al caso de estudio de predicción de deserción de los estudiantes. La sección 2.2 precisa detalles acerca de la calidad de la aplicación y en 2.3 detalla las características del modelo de clasificación obtenido. Finalmente, la Sección 3 cierra el trabajo con las conclusiones separando en 3.1 aquellas conclusiones relativas a la aplicación informática de las indicadas en 3.2 relacionadas con la deserción temprana de los alumnos.

### 1.1 Del Datamining al Adaptive Business Intelligence

El descubrimiento de esta información “oculta” es posible gracias a la minería de datos (data mining), que brinda un conjunto de técnicas sofisticadas para encontrar patrones y relaciones dentro de los datos.

Esto permite la creación de modelos, es decir, representaciones abstractas de la realidad, como parte del proceso de descubrimiento de conocimiento (KDDP, por su sigla en inglés) que se encarga, entre otras cosas, de la preparación de los datos y la interpretación de los resultados obtenidos, los cuales dan significado a estos patrones encontrados.

Por otro lado, Business Intelligence [1], [2] provee beneficios que se aplican no solamente en los ámbitos empresariales, donde por demás está decir las ventajas que reditúa. Esta alternativa para la toma de decisiones se ve potenciada cuando se complementa con la característica autoadaptativa de las aplicaciones. En pocas palabras, Adaptive Business Intelligence (ABI) [3] es la disciplina que combina la predicción, la optimización, y la capacidad de adaptación en un sistema capaz de responder a dos preguntas fundamentales: ¿Qué es probable que ocurra en el futuro? y ¿cuál es la mejor decisión en este momento?

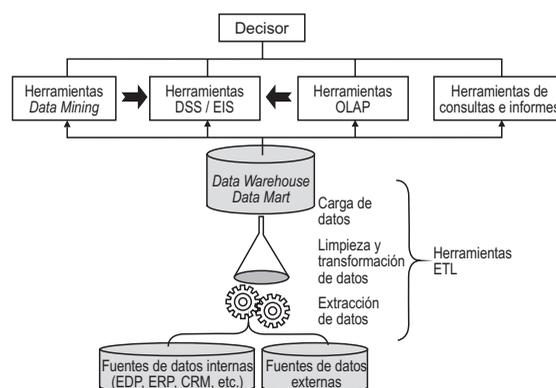


Figura 1. Arquitectura lógica de inteligencia empresarial (BI). Fuente [14]

En particular, los problemas de predicción se han convertido en un desafío para la extracción de conocimiento de la información, es así que una metodología basada en Adaptive Business Intelligence proporciona un conjunto de soluciones basadas en métodos y técnicas variadas (Data mining, Predicción, Optimización, y Adaptabilidad), las que permiten la extracción de conocimiento científico en la educación en particular así como en otras disciplinas en general.

Para implementar una tecnología como la que involucra al conjunto de técnicas descriptas previamente, se requiere de una metodología. [4]

## 1.2 La metodología de Adaptive Business Intelligence

Contar con una metodología, se ha convertido en algo tan importante y necesario como la carta de presentación de las empresas. Con esta premisa, se ha aplicado una nueva metodología para desarrollar un sistema de Adaptive Business Intelligence, a partir del estudio de numerosas variables que tienen correlación en mayor o menor medida con el indicador objetivo estudiado (deserción estudiantil).

La generación de la nueva metodología mencionada previamente a este trabajo, surge a partir de los conceptos relacionados entre disciplinas afines tecnológicamente como: OLAP, Acceso a datos multiplataformas, Business Intelligence, Data mining y Adaptabilidad.

Para su desarrollo, se han analizado las interrelaciones existentes entre ellas, y de este modo, se ha conformado un entorno de soporte para las aplicaciones predictivas.

Las etapas metodológicas para el desarrollo de aplicaciones basadas en Adaptive Business Intelligence abarcan la comprensión del problema, de los datos, de su preparación, modelado, búsqueda para acercarse a los objetivos e implementación a través de una aplicación de negocios.

A partir de estas etapas, la metodología propone el uso de las técnicas implementadas en la herramienta de minería de datos utilizada, buscando aquellos resultados que proporcionen la información necesaria para acercarse a los objetivos del proyecto. Esto involucra las etapas de "Búsqueda de patrones, reglas o grupos", la etapa de "Modelizado predictivo" y la "Validación del modelo".

Es en este punto donde esta metodología simple, ágil y efectiva, debería realizar los aportes necesarios para que la atención del investigador se vea favorecida, permitiendo una interacción dinámica con los patrones que surgen de los datos, a través de las diferentes fases, los cuales tienen significancia como nuevo conocimiento. [5]

Se exponen a continuación algunos conceptos relevantes, relacionados con esta nueva metodología, los que permitirán una comprensión más amplia de su uso en el caso de estudio tratado.

### 1.2.1 Ciclo de vida de la metodología

Al igual que sucede con otras metodologías, la sucesión de fases no es necesariamente rígida. Cada fase es estructurada en varias tareas generales de segundo nivel. Las tareas generales se proyectan a tareas específicas, donde finalmente se describen las acciones que deben ser desarrolladas para situaciones particulares, pero en ningún momento se propone cómo realizarlas.

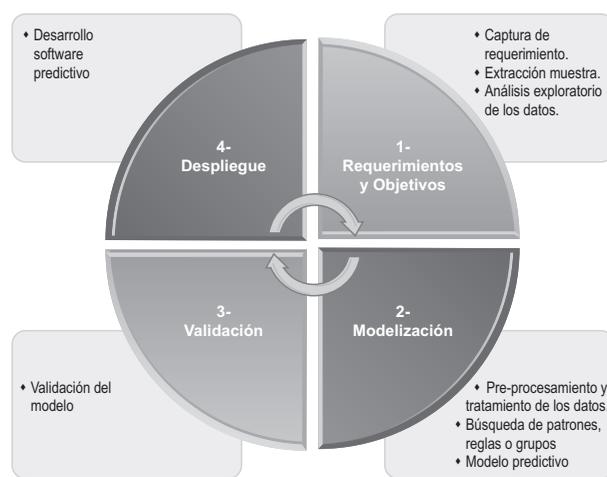


Figura 2. Ciclo de vida de la nueva metodología Adaptive Business Intelligence y su correspondencia con las etapas metodológicas propuestas.

El ciclo de vida de la nueva metodología, mostrado en la Fig. 2, representa de manera sintética, aquellos aspectos que describen los pasos a seguir para lograr la realización de un modelo de despliegue, de tal manera que sea útil para un desarrollo de una aplicación predictiva.

Estos pasos son definidos de modo tal que permitan una evolución coherente y progresiva, que facilite, partiendo del problema planteado, llegar a una solución aceptable en los resultados esperados.

En esta misma figura se puede ver también la correspondencia con las etapas de la metodología. Dichas etapas, por su parte, permiten observar con un mayor grado de detalle un camino a seguir por el analista para encontrar los patrones ocultos en la información y en los datos, exponiendo las actividades que se desarrollan de manera secuencial durante el proceso metodológico de desarrollo de las aplicaciones autoadaptativas basadas en Business Intelligence.

Cabe notar que la fase 4 de Despliegue podría aparecer separada del resto, con la finalidad de representar el momento en el cual es posible la construcción del software [1]. Sin embargo, teniendo en cuenta que se plantea el carácter autoadaptativo para las aplicaciones que surgen de la utilización de esta metodología, este paso se vuelve cíclico junto al resto, ya que esta es la única manera de lograr que la aplicación optimice su predicción, alcanzando así el fin de Adaptive Business Intelligence, tal como lo indica Michalewicz: “Los sistemas de Adaptive Business Intelligence incluyen elementos de la minería de datos, modelos predictivos, predicción, optimización, y adaptabilidad, y son utilizados ... para tomar mejores decisiones.”[10]

En este contexto, el aporte del minero de datos como analista principal y de forma interdisciplinaria con el experto en el área de conocimiento, proveerá las nuevas fuentes que sustenten el mantenimiento futuro del sistema autoadaptativo en su conjunto. Para ello deberá reiniciar de manera rutinaria las actividades iterativas, a fin de detectar las nuevas tendencias en los datos o alteraciones significativas que pudieran variar la confiabilidad de los resultados predictivos. Cabe acotar que esto es posible de implementar en una aplicación predictiva, tal como lo hace Business Intelligence[11] a través de módulos específicos. Estos módulos pueden incorporar capacidades de análisis costo-impacto, análisis de matrices de costo y confusión, evaluación de hipótesis, técnicas de Boosting, Bagging, Randomization, y otras sofisticadas tecnologías. Sin embargo, la lógica estructural de la metodología contempla la implementación de la característica de autoadaptatividad y lo realiza semánticamente, tal como lo muestra la Fig. 3.

### 1.2.2 Pasos canónicos de la metodología

En esta sección presentamos de forma resumida el alcance de cada una de las etapas identificadas en la metodología ABI propuesta. Este nivel de detalle es necesario toda vez que la aplicación en el caso de estudio tal como se describe en los métodos, se resume a los resultados obtenidos en cada una de las etapas.

1. Captura de requerimientos. Como en cualquier proceso software, se trabaja estrechamente en el dominio de los expertos para definir el problema y determinar los objetivos del proyecto. Finalmente, los objetivos del proyecto se traducen en hipótesis acerca de la selección inicial de las técnicas de data mining que serán utilizadas más adelante en el proceso que se llevará a cabo.

2. Extracción muestral. Este paso incluye la recopilación de datos de la muestra y decidir qué datos, incluyendo el formato y tamaño, serán necesarios. Se comprueba la integridad de los datos, la redundancia, los valores que faltan, la plausibilidad de los valores de atributos, etc. Además, el paso incluye la verificación de la utilidad de los datos con respecto a los objetivos de data mining.

3. Análisis exploratorio de los datos. Ya que este tipo de sistemas son conducidos por datos, es importante tener una buena comprensión de estos. El objetivo es identificar los campos más importantes relacionados al problema y determinar cuáles valores derivados pueden ser útiles. Las etapas 2 y 3 pueden considerarse complementarias y pueden trabajar de manera conjunta en un ciclo correctivo de mejora.

4. Pre-procesamiento y tratamiento de los datos. En este paso se considera especialmente la limpieza de datos, que incluye la comprobación de la integridad de los registros de datos, la eliminación de o la corrección de ruido y los valores faltantes, remociones y duplicaciones, adecuaciones de formato, agregado de expresiones numéricas y fórmulas que mejoren o equilibren datos faltantes con mayor significancia o relevancia. En esta etapa, los datos podrán someterse a filtros supervisados o no supervisados que reduzcan los aspectos no afines a los objetivos del proyecto.

5. Búsqueda de patrones, reglas o grupos. En esta etapa se pretende que, a través de los diferentes métodos de data mining, los resultados obtenidos de la minería coincidan o se acerquen a los objetivos definidos en el paso 1. Es aquí donde se elige la técnica de minería de datos que permita encontrar patrones en los datos.

6. Modelado predictivo. Consiste en un refinamiento del método seleccionado en la etapa anterior, testeando diferentes técnicas para luego decidir cuál algoritmo y qué parámetros pueden ser utilizados de forma más minuciosa, de acuerdo a los requerimientos que el experto ha planteado.

7. Validación del modelo. Incluye la comprensión de los resultados, comprobando si el conocimiento descubierto es novedoso e interesante. Para ello la interpretación de los resultados por expertos en la materia es significativa cuando se trata de verificar el impacto del conocimiento descubierto. Debido a su carácter iterativo, es posible replicar las etapas anteriores utilizando otros métodos y algoritmos de data mining, identificando qué acciones alternativas se pueden adoptar para mejorar los resultados.

8. Desarrollo software predictivo. Una vez que se ha conseguido el modelo, para que este sea útil, deberá ser desplegado. Esto significa salir del entorno de desarrollo en una forma que pueda ser usada por un software externo. Esta etapa final consiste en la planificación de cómo se utilizará el conocimiento descubierto si fuera necesario.

Se presenta como una etapa final de esta metodología, pero como una etapa inicial de un proceso de desarrollo software, ya que plantea los requerimientos de un nuevo producto software, el cual utiliza las reglas de inferencia, clasificados, árboles o informaciones que han surgido como conocimiento de la aplicación desarrollada a través de los pasos metodológicos descriptos hasta ahora.

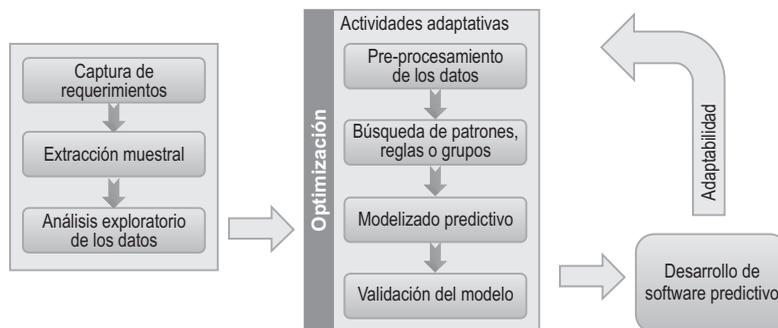


Figura 3 . Implementación de la optimización, predicción y adaptabilidad en la metodología.

### 1.3 Gestión de los datos de los alumnos – SIU Guarani

Las universidades utilizan sistemas de información adecuados a sus necesidades y características propias tales como estructura de los planes, modalidad de cursado, constitución de sus sedes geográficamente entre otras características. Aunque existen diferencias notables entre las distintas instituciones, es posible mantener criterios comunes para el desarrollo de sistemas informáticos que permitan la gestión de los datos de los alumnos desde sus primeros días en la universidad hasta que culminan sus estudios. La iniciativa del SIU Guarani es un ejemplo de esta tendencia a la unicidad de elementos que favorezcan los desarrollos informáticos. Estos sistemas de información tienen como uno de sus objetivos asegurar la protección y disponibilidad de la información, fiabilidad, sencillez y costo entre otras ventajas. [14]

El SIU Guarani como sistema de información permite el seguimiento de todas las actividades que realiza un estudiante: inscripción a exámenes y cursados, reinscripción a carreras, consulta de inscripciones, consulta de plan de estudios e historia académica, consulta de cronograma de evaluaciones parciales, consulta de créditos, notas de evaluaciones parciales, materias regulares, actualización de datos censales y recepción de mensajes. [13]

Entre los usos parametrizables que las universidades pueden utilizar, el SIU-Guarani se presenta como un sistema informático de autogestión académica por Internet, lo que permite a los alumnos un uso más adecuado de las tecnologías de la información actuales y a la institución una recopilación de mayor cantidad de datos.

Esta última ventaja es posible debido a que no se requiere uso de equipamientos dedicados en la institución, lo que limitaría el tiempo y el acceso de los alumnos a las computadoras. De esta manera es posible confeccionar un modelo de datos más abarcativo, el cual puede contener datos de mayor relevancia a diferentes contextos de análisis.

En la figura 4 y 5 se exponen dos pantallas donde se resumen datos de un alumno. Con los datos recopilados por el SIU Guarani se construye la base de datos utilizada por una

universidad argentina, aportando información de orden socio-económico-cultural de cada uno de los estudiantes. Esta base de datos constituye la referencia inicial para el procesamiento de los mismos mediante herramientas ETL (Extract-Transform-Load) que constituirán los datos de entrada para el análisis de patrones.

Figura 4. Ficha de datos personales del alumno. Interface con el usuario del SIU Guarani.

Figura 5 . Ficha de datos económicos del alumno. Interface con el usuario del SIU Guarani.

#### 1.4 Implementación estratégica de la aplicación

El uso de herramientas como la planteada en el presente trabajo frente a las amenazas externas, como lo son la aparición de nuevos actores en el escenario educativo, se vuelve relevante para las universidades públicas como estrategia competitiva.

La posibilidad de facilitar al decisor información precisa y confiable respecto de indicadores como el porcentaje de alumnos que han desertado, es una medida que se comporta como una medición pasiva, toda vez que cualquier acción correctiva adoptada dependerá de una política y a su vez tendrá un destino más amplio que preciso. Es allí donde el aporte de las tecnologías de Adaptive Business Intelligence puede proveer información oportuna y selectiva que permita un proceso de toma de decisiones óptimas mejorando la celeridad y la precisión. La implantación de herramientas predictivas se constituye de esta manera en una aplicación tecnológica cuyo impacto estratégico en la universidad pasa a ubicarla de un cuadrante de apoyo a una nueva situación de impulsora de acuerdo a la Matriz de McFarlan.

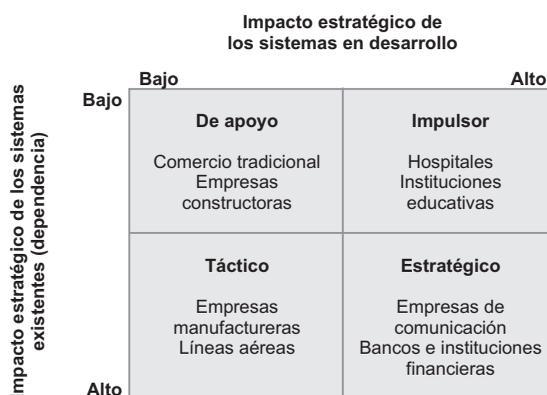


Figura 6. Matriz de McFarlan.

La matriz de McFarlan de la figura 6 permite analizar la situación actual de los sistemas de información y su proyección futura en relación con su importancia y relevancia estratégica para la institución. [14].

#### Materiales y métodos

2.1 Aplicación de la metodología para la predicción de casos de deserción potencial de los alumnos ingresantes. Los datos empleados provienen de una Universidad Nacional de Argentina. En ellos se encuentran alumnos en diferentes estadios de sus estudios con características sociales diversas. Se aborda su resolución utilizando Weka como herramienta [8].

Previo a la utilización de los datos aportados por la base de datos del SIU Guaraní, ha sido necesario realizar una selección empírica de aquellos atributos cuya incidencia

puede ser relevante, dejando de lado algunos como: datos de tarjetas de crédito, identificadores de tipos de documentos, fechas irrelevantes, códigos, nombres, entre otros.

Fase 1: Captura de requerimientos: Resultados esperados al finalizar el proyecto

Se ha definido que el modelo realice la clasificación de los alumnos con riesgo de deserción con una precisión cuyo error absoluto medio sea  $\leq 2\%$  y su precisión de al menos 80%.

#### Aspectos relevantes del proyecto

Características del conjunto de datos	Multivariable
Características de los atributos	Catagóricos Numéricos
Tareas asociadas	Clasificación
Número de muestras inicial	4707
Número de atributos	47
¿Valores faltantes?	Si
Área de aplicación	Educación
Comparación de modelos	Si
¿Requiere desarrollo predictivo?	No

Tabla 1: Aspectos relevantes.

Atributo	Reemplazada por	Registros
		sin datos
nombre_alumno		0
nro_documento		0
fecha_inscripcion		0
nacionalidad		0
fecha_nacimiento	Edad=24	4
Edad	24	4
localidad_nacimiento		0
provincia_nacimiento		0
colegio_secundario	?	2715
título_secundario	?	2705
orientacion_recibida	"Ninguna"	2862
estado_civil	"Soltero"	99
vive_unido_de_hecho	N	30
cant_hijos	0	1227
obra_social		0
residencia_tipo	Otros	1123
con_quien_vive	"En otra situación"	1263
costea_estudios	?	1063
tiene_beca	N	801
situacion_laboral		0
padre_vive		0
max_est_cur_padre	?	330
madre_vive		0
max_est_cur_madre	?	167
DISP_PC_EN_CASA		0
DISP_PC_EN_TRABAJO		0
DISP_PC_EN_UNIVERSIDAD		0
DISP_PC_EN_OTRO_LUGAR		0
habla_ingles		0
nombre_carrera		0
sexo		0
carrera_cod		0
plan		0
legajo		0
Promedio		464
mat_aprob		0
feh_prim_exa		508
feh_ult_exa		508
longevidad_alumno		0
class	Abandono/Cursante	0

Tabla 2: Datos faltantes.

Se provee, al finalizar el proyecto, de aquellas reglas necesarias para la construcción de un software capaz de emular el comportamiento del modelo obtenido a partir de los datos de la base de datos.

### Fase 2: Extracción muestral

Se trabajó con un banco de datos cuya información contiene un elevado número de muestras (4707 registros) a partir de los datos provistos por el SIU Guaraní de una Universidad Nacional de Argentina.

Clase	Número de muestras
Abandono	2456
Cursante	2251

Tabla 3 : Distribuciones por clases.

Esta base de datos contiene 45 atributos, 2 atributos adicionales han sido calculados en base a valores contenidos en otros atributos. Se determinó la condición de Cursantes o Abandonos a partir de aquellos alumnos que no han rendido asignaturas desde hace 2 años.

Los atributos restantes constan de valores numéricos en 6 atributos, y los restantes son nominales (discretos).

### Fase 3: Análisis exploratorio de los datos

#### Información de los atributos. Distribución de clases

Base de datos: Facilitada por el Sistema unificado universitario de Gestión de Alumnos – SIU Guaraní de una Universidad Nacional de Argentina.

Ya que este tipo de sistemas son conducidos por datos, es importante tener una buena comprensión de los mismos (Tabla 4). El objetivo del modelo del data mining ha sido identificar los campos más importantes relacionados al problema y determinar cuáles valores derivados pueden ser útiles.

Hay ilimitadas maneras de visualizar datos, pero las dos herramientas fundamentales son el gráfico X-Y, el cual mapea relaciones entre variables, y el histograma, el cual muestra la distribución estadística de los datos. Ver figura 7.

En esta etapa, la exploración de la información ha simplificado el problema, con el objetivo de optimizar la eficiencia del modelo, siendo este el foco de atención de esta etapa de la metodología. Idealmente, se puede tomar todas

las variables/características que se necesita y usarlas como entrada, para luego descartar las innecesarias.

Por lo tanto esta etapa se orienta mayormente hacia la visualización de los datos, con la finalidad de simplificar el problema, detectando aquellos datos con poca o ninguna incidencia estadística hacia los objetivos predefinidos.

fieldname	Type	length	precision	step origin	storage	mask
nombre_alumno	string	-	-	datos de alumnos		
nro_documento	number	-	-	datos de alumnos		#
fecha_inscripcion	date	-	-	datos de alumnos		yyyy/mm/dd
nacionalidad	string	-	-	datos de alumnos		
fecha_nacimiento	date	-	-	datos de alumnos		yyyy/mm/dd
Edad	integer	-	0	datos de alumnos		#
localidad_nacimiento	string	10	-	datos de alumnos		
provincia_nacimiento	string	10	-	datos de alumnos		
colegio_secundario	string	10	-	datos de alumnos		
titulo_secundario	string	10	-	datos de alumnos		
orientacion_recibida	string	-	-	datos de alumnos		
estado_civil	string	-	-	datos de alumnos		
vive_unido_de_hecho	string	-	-	datos de alumnos		#
cant_hijos	integer	-	0	datos de alumnos		
obra_social	string	16	-	datos de alumnos		
residencia_tipo	string	-	-	datos de alumnos		
con_quien_vive	string	10	-	datos de alumnos		
costea_estudios	string	20	-	datos de alumnos		
tiene_beca	string	-	-	datos de alumnos		
situacion_laboral	string	-	-	datos de alumnos		
padre_vive	string	-	-	datos de alumnos		
max_est_cur_padre	string	-	-	datos de alumnos		
madre_vive	string	-	-	datos de alumnos		
max_est_cur_madre	string	-	-	datos de alumnos		
DISP__PC_EN_CASA	string	-	-	datos de alumnos		
DISP__PC_EN_TRABAJO	string	-	-	datos de alumnos		
DISP__PC_EN_UNIVERSIDAD	string	-	-	datos de alumnos		
DISP__PC_EN_OTRO_LUGAR	string	-	-	datos de alumnos		
accede_internet_casa	string	-	-	datos de alumnos		
accede_internet_trabajo	string	-	-	datos de alumnos		
accede_internet_universidad	string	-	-	datos de alumnos		
accede_internet_cyber	string	-	-	datos de alumnos		
accede_internet_otro_lugar	string	-	-	datos de alumnos		
regularidad_accede_a-	string	-	-	datos de alumnos		
practica_deportes	string	-	-	datos de alumnos		
habla_ingles	string	-	-	datos de alumnos		
nombre_carrera	string	-	-	datos de alumnos		#
sexo	string	-	-	datos de alumnos		
carrera_cod	string	-	-	datos de alumnos		##
plan	string	-	-	datos de alumnos		yyyy/mm/dd
legajo	string	-	-	datos de alumnos		yyyy/mm/dd
Promedio	number	-	-	datos de alumnos		#
mat_aprob	integer	-	0	datos de alumnos		
fech_prim_exa	string	-	-	datos de alumnos		
fech_ult_exa	string	-	-	datos de alumnos		
longevidad_alumno	integer	-	0	datos de alumnos	normal	

Tabla 4: Detalle de los atributos.

Por lo tanto esta etapa se orienta mayormente hacia la visualización de los datos, con la finalidad de simplificar el problema, detectando aquellos datos con poca o ninguna incidencia estadística hacia los objetivos predefinidos.

### Fase 4: Pre-procesamiento y tratamiento de los datos

Para la realización del experimento, se han revisado los datos encontrándose las relaciones mostradas en la figura 7 entre ellos.

Esta distribución de algunos datos, denota la posibilidad de realizar una selección de un subconjunto de datos, basados en algunas correlaciones posibles de estimar previamente a la modelización.

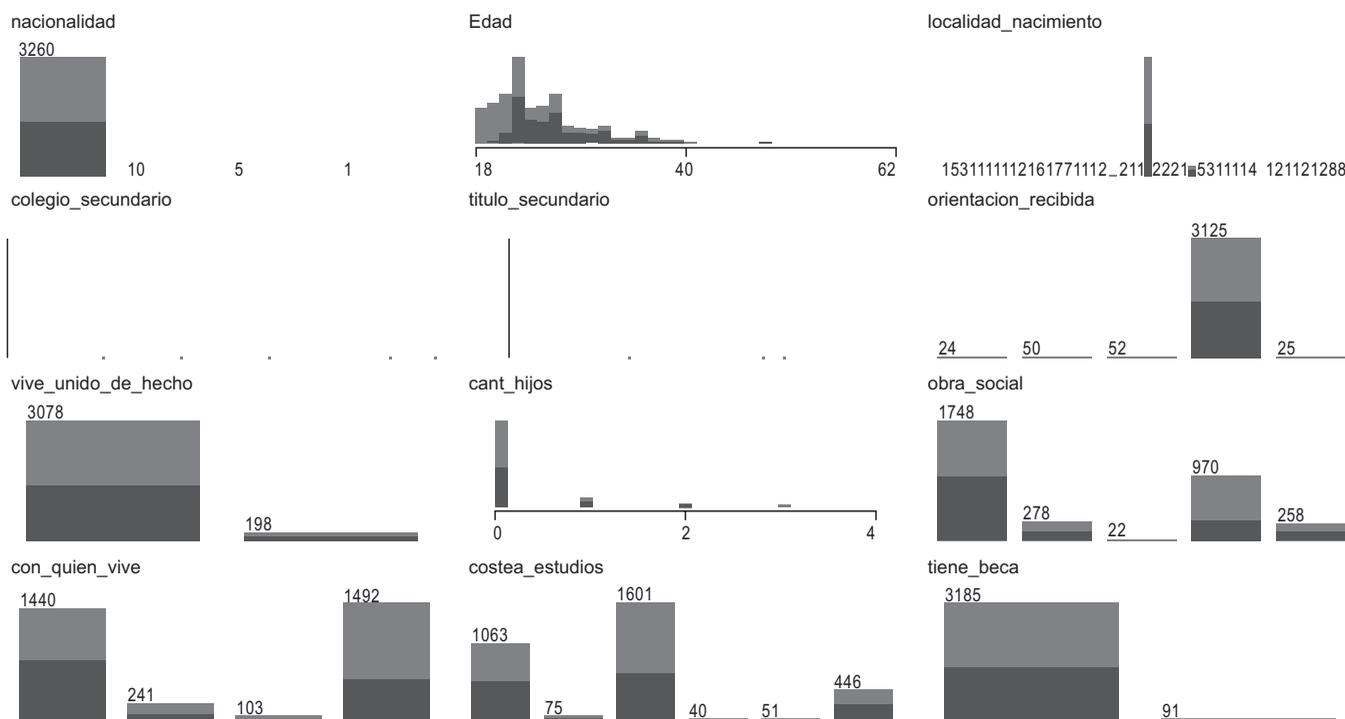


Figura 8 : Relaciones entre los datos procesados.

De esta manera, se han encontrado los siguientes atributos cuyas modificaciones son relevantes:

Edad: Existencia de registros con edad 0. Cambiado a la media de la edad.

Título secundario: 4117 valores faltantes. Se eliminó el atributo.

Orientacion\_recibida: 4293 valores faltantes. Se eliminó el atributo.

Residencia\_tipo: 2551 valores faltantes. Se reemplazó el faltante por 'Otros'

Con\_quien\_vive: 2498 valores faltantes. Se reemplazaron por 'En otra situación'

Costea\_sus\_estudios: 2262 valores faltantes. Se reemplazaron faltantes por 'N'

Tiene\_beca: 801 valores faltantes. Se reemplazaron datos faltantes por 'N'

Padre\_vive: Existe un grupo de alumnos (256) que han respondido D (Desconoce si su padre vive, se trate de hijos de madre soltera o de padre desconocido), en tales casos se asume que 'No' (como si la respuesta hubiera sido 'No vive'). Situación similar se presenta para Madre\_vive (105), resolviéndose de manera idéntica.

Existe un grupo de 1.431 alumnos que no han respondido a la mayoría de los parámetros solicitados, entre algunos de

los mencionados anteriormente, por lo que se los filtra para analizar el conjunto de datos restantes con mayor precisión.

Posterior a este filtrado de los datos, permanecen algunos atributos que requieren una modificación para evitar desvíos estadísticos.

Los siguientes datos corresponden a aquellos que se trataron luego mediante algún algoritmo de preprocesamiento:

Atributo	Reemplazada por	Registros sin datos
fecha_nacimiento	Edad=24	4
Edad	24	4
colegio_secundario	?	2715
titulo_secundario	?	2705
orientacion_recibida	"Ninguna"	2862
estado_civil	"Soltero"	99
vive_unido_de_hecho	N	30
cant_hijos	0	1227
residencia_tipo	Otros	1123
con_quien_vive	"En otra situación"	1263
costea_estudios	?	1063
tiene_beca	N	801
max_est_cur_padre	?	330
max_est_cur_madre	?	167
practica_deportes	N	746

Tabla 5 : Detalle de los atributos que requieren pre-procesamiento.

Atributo modificado	Valor	Nuevo valor	Acción realizada sobre el atributo
	original		
Longevidad_alumno	-	-	Marcado
Colegio_secundario	-	-	Marcado
Titulo_secundario	2705 = ?	-	Marcado
	-	-	Eliminación
Sexo	-	-	Marcado
	-	-	Discretización
			(unsupervised.atribute.discretize)

Tabla 6 : Acciones realizadas sobre los atributos

Respecto a los filtros de selección de atributos con mayor correlación a las clases finales de la clasificación, se han evaluado varios métodos cuyos resultados se exponen a continuación en la Tabla 7:

Subset	Algoritmo	Método de búsqueda	Atributos resultantes
1	-	-	Todos los atributos se procesan
2	Cfs Subset Eval	Best first	Selected attributes: 2, 5, 33, 34 : 4 Edad orientacion_recibida mat_aprob longevidad_alumno
3	Cfs Subset Eval	Genetic search	Selected attributes: 2, 5, 29, 32, 33 : 5 Edad orientacion_recibida practica_deportes Promedio mat_aprob
4	InfoGain Attribute Eval	Attribute ranking	Ranked attributes: 0.293519 33 mat_aprob 0.194954 2 Edad 0.066067 32 Promedio 0.041213 5 orientacion_recibida 0.034228 10 residencia_tipo 0.032234 9 obra_social 0.022474 28 regularidad_accede_a_internet 0.020665 30 habla_ingles 0.020275 11 con_quien_vive 0.019837 3 localidad_nacimiento 0.016946 19 DISP_PC_EN_CASA 0.015368 23 accede_internet_casa 0.014423 26 accede_internet_cyber 0.010887 14 situacion_laboral 0.009985 27 accede_internet_otro_lugar 0.009691 4 provincia_nacimiento 0.008011 12 costea_estudios 0.006888 22 DISP_PC_EN_OTRO_LUGAR 0.006066 29 practica_deportes 0.005578 18 max_est_cur_madre 0.004556 25 accede_internet_universidad 0.004519 16 max_est_cur_padre 0.002976 1 nacionalidad 0.002443 8 cant_hijos 0.001761 21 DISP_PC_EN_UNIVERSIDAD 0.001204 17 madre_vive 0.000877 24 accede_internet_trabajo 0.000739 20 DISP_PC_EN_TRABAJO 0.000607 6 estado_civil 0.000245 13 tiene_beca 0.00018 15 padre_vive 0.000136 7 vive_unido_de_hecho 0.000121 31 sexo_1

Tabla 7 : Filtros de selección de atributos.

El análisis utilizando el algoritmo de filtrado InfoGainAttributeEval [8] a través de un método de ranking, permitió clasificar el ranking de atributos obteniendo las sensibilidades del Subset N°4.

#### Fase 5: Búsqueda de patrones, reglas o grupos

La metodología propuesta aprovecha en este caso las bondades de un algoritmo de clasificación en árbol SimpleCart, J48 y Decision Table, los que proveen un método supervisado para la clasificación.

Aplicados se obtienen los resultados de la tabla 8.

Paso	Algoritmo utilizado	Porcentaje de aciertos		
1	SimpleCart (Subset 1)	Correctly Classified Instances 2833	86.47 %	Instances 443
		Incorrectly Classified Instances 13.52 %		
2	J48 (Subset 1)	Correctly Classified Instances 2840	86.69 %	Instances 436
		Incorrectly Classified Instances 13.30 %		
3	Rules.DecisionTables (Subset 1)	Correctly Classified Instances 2782	84.92 %	Instances 494
		Incorrectly Classified Instances 15.07 %		
4	SimpleCart (Subset 2)	Correctly Classified Instances 2777	84.76 %	Instances 499
		Incorrectly Classified Instances 15.23 %		
5	J48 (Subset 2)	Correctly Classified Instances 2791	85.19 %	Instances 485
		Incorrectly Classified Instances 14.80 %		
6	Rules.DecisionTables (Subset 2)	Correctly Classified Instances 2774	84.67 %	Instances 502
		Incorrectly Classified Instances 15.32 %		
7	SimpleCart (Subset 3)	Correctly Classified Instances 2856	87.18 %	Instances 420
		Incorrectly Classified Instances 12.82 %		
8	J48 (Subset 3)	Correctly Classified Instances 2852	87.05 %	Instances 424
		Incorrectly Classified Instances 12.94 %		
9	Rules.DecisionTables (Subset 3)	Correctly Classified Instances 2802	85.53 %	Instances 474
		Incorrectly Classified Instances 14.46 %		
10	SimpleCart (Subset 4)	Correctly Classified Instances 2858	87.24 %	Instances 418
		Incorrectly Classified Instances 12.75 %		
11	J48 (Subset 4)	Correctly Classified Instances 2854	87.11 %	Instances 422
		Incorrectly Classified Instances 12.88 %		
12	Rules.DecisionTables (Subset 4)	Correctly Classified Instances 2816	85.95 %	Instances 460
		Incorrectly Classified Instances 14.04 %		

Tabla 8: Resultados obtenidos en la clasificación de los subconjuntos de datos.

Con esta aplicación de la clasificación, queda demostrado el correcto uso de la técnica de selección de datos basados en correlatividad. Es decir, los porcentuales de error y las precisiones alcanzadas, son mejores con los atributos recomendados por el evaluador de atributos con el método de ranking [8].

## 2.2 Aspectos de calidad del modelo

### Fase 6: Modelado predictivo

Para el proceso de entrenamiento del modelo se ha utilizado la técnica de análisis denominada cross-validation (validación cruzada); habiendo aplicado los filtros "CFS Subset Evaluator" con los métodos "Best first" y "Genetic search", además del filtro "Info Gain Attribute" con el filtro "Eval Attribute ranking" (todas ellas herramientas incorporadas en weka)[8], para eliminar los atributos con menor significancia. Luego de ello, el porcentaje final de acierto asumido como el mejor se muestra en tabla 9.

```

=== Summary ===
Correctly Classified Instances 2858 87.2405 %
Incorrectly Classified Instances 418 12.7595 %
Kappa statistic 0.7434
Mean absolute error 0.2025
Root mean squared error 0.324
Relative absolute error 40.8993 %
Root relative squared error 65.1173 %
Total Number of Instances 3276

```

Tabla 9 : Resultado del modelado predictivo.

## Fase 7: Validación comparativa del modelo

Las figuras 9 y 10 muestran las evaluaciones del modelo realizadas a través del área bajo la curva ROC (Relative Operating Characteristic), donde se indica la precisión para cada una de las clases.

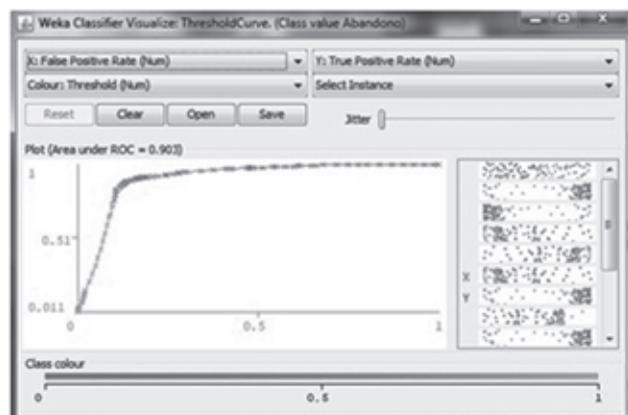


Figura 9: Curva ROC Clase Abandono.

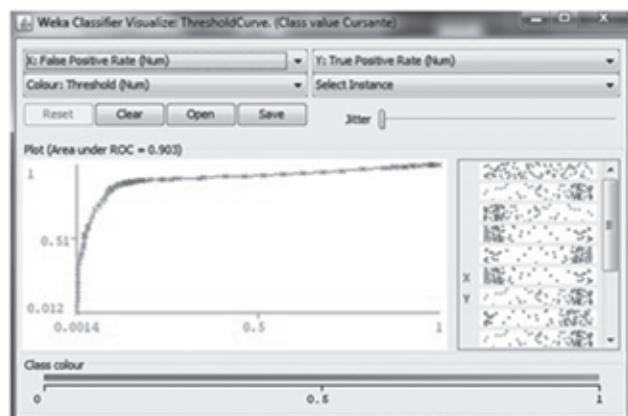


Figura 10: Curva ROC Clase Cursante.

Queda así de manifiesto la utilidad de la herramienta de evaluación de la calidad del modelo a través de la curva ROC ya que, para el resto de las clases que se pretenden utilizar, la precisión supera el objetivo planteado como requerimiento.

## 2.3 Características del modelo obtenido

### Fase 8: Desarrollo del software predictivo

En esta etapa se han definido las características de los requerimientos necesarios de satisfacer por un software, que implemente el aprendizaje obtenido, mediante las fases metodológicas desarrolladas previamente.

Las reglas de inferencia obtenidas corresponden al algoritmo SimpleCART y se muestra en la siguiente tabla:

```
CART Decision Tree
Edad < 21.5
| Edad < 20.5: Cursante(551.0/8.0)
| Edad >= 20.5
| | mat_aprob < 18.5: Cursante(278.0/61.0)
| | mat_aprob >= 18.5
| | | Promedio < 6.5: Abandono(16.0/2.0)
| | | Promedio >= 6.5
| | | | mat_aprob < 28.5: Cursante(11.0/1.0)
| | | | mat_aprob >= 28.5: Abandono(6.0/0.0)
Edad >= 21.5
| mat_aprob < 0.5
| | orientacion_recibida= "Si": Cursante(20.0/0.0)
| | orientacion_recibida!= "No": Abandono(817.0/130.0)
| mat_aprob >= 0.5
| | mat_aprob < 11.5: Cursante(643.0/96.0)
| | mat_aprob >= 11.5
| | | Promedio < 5.5: Abandono(247.0/37.0)
| | | Promedio >= 5.5
| | | | mat_aprob < 24.5
| | | | | Promedio < 6.5
| | | | | mat_aprob < 15.5: Cursante(25.0/9.0)
| | | | | mat_aprob >= 15.5: Abandono(62.0/25.0)
| | | | | Promedio >= 6.5: Cursante(51.0/13.0)
| | | | mat_aprob >= 24.5: Abandono(142.0/25.0)
```

Tabla 10: Resultado del algoritmo SimpleCART.

Esta formulación de requerimientos facilita al desarrollador de software la realización de un programa. Este software será el que ejecute el modelo para nuevos datos proporcionados como entrada.

## Conclusiones

### 3.1 Ventajas de la aplicación metodológica ABI a un sistema informático

Se ha utilizado una base de datos con una importante cantidad de atributos (variables), que han sido objeto para la aplicación de la metodología ABI, concluyendo en un modelo predictivo que facilita el desarrollo de un sistema informático para la detección temprana de alumnos con riesgo de deserción estudiantil.

A través de los resultados obtenidos en las distintas fases, se demuestra que la aplicación estricta de la metodología ABI utilizada en este trabajo, avanza mucho más allá del razonamiento basado en eventos pasados, algunos de ellos provistos por las herramientas típicas de los sistemas de soporte a las decisiones.

El conocimiento obtenido se potencia al aplicar esta metodología, pudiendo responder preguntas de difícil resolución o que demandan excesivo tiempo ante tal cantidad de variables.

Es así que a partir de los registros de datos que surgen desde las bases de datos de los estudiantes, ha sido posible encontrar patrones ocultos e información predictiva útil para los decisores.

El modelo logrado satisface los objetivos del proyecto, demostrando así las virtudes de la nueva metodología seleccionada para este trabajo y las capacidades de la aplicación de herramientas como Weka para estos propósitos. [8]

### 3.2 Detección temprana de alumnos que potencialmente desertan – Lecciones aprendidas

Con relación a las características del conocimiento adquirido, acorde a las reglas de clasificación, se sintetizan algunas de las más relevantes, dejando el resto como base de nuevos estudios para los expertos disciplinares de la educación:

a. Alumnos menores de 21.5 años desertan si transcurridos 2 años su promedio es inferior a 6.5

b. Alumnos mayores de 21.5 años que no han recibido orientación vocacional al ingreso a las carreras y sin asignaturas aprobadas dentro de los 2 años, desertan en un porcentaje de 24.9% (un cuarto del alumnado ingresante).

c. Alumnos mayores de 21.5 años, posiblemente en un segundo año de la carrera ( $\geq 11.5$  asignaturas aprobadas), cuyo promedio no supera 5.5, abandonan las carreras ( $>7.5\%$ ).

Mediante estos resultados, es posible la aplicación de las reglas obtenidas directamente a la base de datos del SIU Guaraní, facilitando así, la detección de aquellos alumnos que actualmente se encuentran en riesgo de deserción.

Estas conclusiones permitirán la detección temprana de casos de riesgo y de esta manera facilitarán la adopción de las decisiones necesarias para orientar los estudios y transformarlos en exitosos.

### Referencias

Arancibia, J.G.: Metodología para el Desarrollo de Proyectos en Minería de Datos CRISP-DM. <http://yoshibauco.wordpress.com/> (2011) [1]

SAS Institute. United Kingdom. <http://www.sas.com/> - Último acceso: (2011) [2]

Azevedo, A.; Santos, M.F.: KDD, SEMMA y CRISP-DM: A Parallel Overview. IADIS European Conference Data Mining 2008. Part of MCCSIS (2008) [3]

Chapman, P.; Clinton, J.; Kerber, R.; Khabaza, T.; Reinartz, T., Shearer, C.; Wirth, R.: CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide, CRISP-DM consortium. (1999, 2000) [4]

Cios, K.J.; Pedrycz, W.; Swiniarski, R.W.; Kurgan, L.A.: Data Mining. A Knowledge Discovery Approach. Springer. (2007) [5]

Chapman, P.; Clinton, J.; Kerber, R.; Khabaza, T.; Reinartz, T.; Shearer, C.; Wirth, R.: Guía paso a paso de Minería de Datos. (2007) [6]

Fayyad, U.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smith, P.; Uthurusamy R.: From data mining to knowledge discovery: an overview. In: Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. pp. 1-29. California: AAAI Press / The MIT Press. (1996) [7]

Hall, M.; Frank, E.; Holmes, G.; Pfahringer, B.: The WEKA Data Mining Software: An Update. Pentaho Corporation. (2009) [8]

Watson, H.J.; Wixom, B.H.: The Current State of Business Intelligence. Computer Magazine, Vol. 9 Issue 40, Page(s): 96-99. (2007) [9]

Michalewicz, Z.; Schmidt, M.; Michalewicz, M.; Chiriac C.: Adaptive Business Intelligence. Springer (2007) [10]

Una Metodología para el Desarrollo de Aplicaciones Autoadaptativas basada en Business Intelligence. Aplicación en Medicina. Tesis para optar a la titulación de postgrado correspondiente a la Maestría en Ingeniería de Software. (2012) [11]

Moss, L.T.; Ate, S. Business Intelligence Roadmap: The Complete Project Lifecycle for Decision-Support Applications. Addison Wesley. (2003) [12]

Sistema de Autogestión de Alumnos SIU-Guaraní. <http://www.siu guarani.com.ar> - Último acceso 6/2012. [13]

La gestión de los sistemas de información en la empresa. Teoría y casos prácticos. Arjonilla Domínguez, S.J.; Medina Garrido, J.A. Tercera Edición. Ediciones Pirámide. Madrid. (2009) [14]

## Características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa* Griseb.

Patt, G.S. (1)

### Morphological and productive traits of *Jatropha macrocarpa* Griseb. wild plants.

---

#### Abstract

Current needs in energy security, rural development, and sustainable use of resources call for the generation of alternative ways of production useful for the achievement of such aims. A possible option is the development of technologies for the utilization of oilseed species which are not currently used. One of these species is *Jatropha macrocarpa*, which inhabits areas where traditional species cannot be cultivated without a substantial input of resources.

The objective of this work is to describe its morphological and production characteristics in wild plants. The evaluated plants show a maximum of 11cm in diameter, 2.7m of height, and 70 apices; the minimum size of a plant bearing fruit is 3.5cm in diameter and height of 0.7m; the maximum amount of fruits found is 100 in 72 clusters with a maximum of 7 fruits per cluster. The morphological and production characteristics are directly related to the increase of the base diameter minus the amount of fruits per cluster and fruit per stem that does not present significant differences ( $p>0.01$ ).

The highest production was that of plants without interspecific competition (15.5 fruits). Production diminished when there was competition against shrubs (13.0 fruits) and even more when they grew in the shade (11.3 fruits). Intraspecific competition has shown increases in production variables (12.5 to 10.2 fruits per plant). The information obtained will allow estimating the potential of the species in cultivation and high dispersion of the data allows assuming a genetic variability usable in selection programs.

**Key word:** oilseeds, morphology, fruiting, *Jatropha*.

---

#### Resumen

Las necesidades actuales en materia de seguridad energética, desarrollo rural y uso sustentable de recursos demandan generar alternativas productivas que aporten a conseguir estas metas. Dentro de las opciones posibles está el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de especies oleaginosas que en la actualidad no son objeto de uso. Una de ellas es *Jatropha macrocarpa*, la cual habita en áreas donde no pueden cultivarse las tradicionales sin un importante aporte de recursos. El objetivo de este trabajo fue describir características morfológicas y productivas de plantas silvestres.

Las plantas evaluadas presentaron máximos de 11cm de diámetro, 2.7m de altura y 70 ápices; el menor tamaño de planta con frutos tuvo 3.5cm de diámetro y 0.7m de altura; la mayor cantidad de frutos fue de 100, en 72 racimos con un máximo de 7 frutos por racimo. Las características morfológicas y productivas tienen una relación directa con el aumento del diámetro basal, no así la cantidad de frutos por racimo y frutos por ápice que no presenta diferencias significativas ( $p>0.01$ ). Las mayores producciones (15.5 frutos) se encontraron en plantas sin competencia interespecífica, disminuyendo cuando competían con arbustos (13.0 frutos) y más aún cuando crecían a la sombra (11.3 frutos).

Las plantas con mayor competencia intraespecífica tuvieron mayor cantidad de frutos (12.5) que las solitarias (10.2 frutos). La información obtenida permite estimar la potencialidad de la especie en cultivo, y la elevada dispersión de los datos hace suponer una alta variabilidad genética aprovechable en programas de selección.

**Palabras clave:** oleaginosa, morfología, fructificación, *Jatropha*.

---

(1) Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) - Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) Av. Luis Vernet y Apóstol Felipe - La Rioja - Argentina. Email: pattgerman01@yahoo.com.ar

## Introducción

Las demandas globales de bioenergía o combustibles renovables se incrementan en forma permanente como una herramienta necesaria de diversificación de la matriz energética que permita disminuir el uso y la dependencia de combustibles fósiles (ONU 2007). En la actualidad la materia prima utilizada en la producción de biodiesel son los cultivos oleaginosos tradicionales como soja, girasol, maní, palma y colza (FAO 2010).

Una de las especies vegetales considerada apropiada para zonas áridas es *Jatropha curcas*, planta que tolera bien suelos pobres y sequías, sin embargo para una adecuada producción necesita precipitaciones o riego de 1.000 a 1.500mm (FACT 2007). Esto se convierte en una seria limitante para su cultivo al competir con otros de uso alimentario que podrían cultivarse con esa cantidad de agua. En ambientes más áridos se encuentran otras especies del mismo género, como son, para la zona del Chaco Árido de la provincia de La Rioja, *J. macrocarpa*, *J. hieronymi* y *J. excisa* (Instituto Darwinio 2009). Estas especies acumulan en sus semillas aceite de adecuada calidad y en buena cantidad (Aranda-Rickert et al. 2011) lo que las determina como potencialmente aprovechables como productoras de materia prima para la producción de biodiesel.

*Jatropha macrocarpa* Griseb, pertenece a la Familia Euphorbiaceae, es un arbusto perenne nativo de Argentina donde se le asignan nombres locales como "higuerilla", "higuera del zorro" y "sacha higuera", habita el Chaco Árido y Semiárido, su área de distribución incluye las provincias de San Luis, La Rioja, Catamarca, Santiago del Estero, Tucumán, Salta y Jujuy extendiéndose a Bolivia y Paraguay (Fernández Casas y Pizarro Domínguez, 2007). Produce semillas con alto contenido de ácidos grasos (35% del peso seco de la semilla) y una composición apropiada para su transformación en biodiesel con mayor proporción de ácido oleico que *J. excisa* y *J. hieronymi* (Aranda-Rickert et al. 2011).

Las descripciones de la especie se circunscriben a las encontradas en los registros de colecta, centrándose en caracteres florales y foliares aplicables a la taxonomía. Se mencionan portes de hasta 3m de altura y diámetros que superan los 10cm, con una mención de 40cm; ramas engrosadas, suculentas con cicatrices foliares prominentes y corteza papirácea (Fernández Casas y Pizarro Domínguez, 2007). Morello (1985) la describe con tallos suculentos carnosos y grandes hojas estacionales. Wassner et al. (2012) informan una productividad media de 87g (entre 35 y 150g) de semilla por planta, en individuos de 1,8m de altura en el Chaco Árido, lo que produce un máximo estimado de 756 kg ha<sup>-1</sup>, con una densidad de 5.000 plantas por hectárea.

La descripción morfológica de las plantas es necesaria para los programas de mejoramiento al permitir detectar variabilidad aprovechable en la selección e individualizar cultivares, así los descriptores son estandarizados y publicados para cada especie (Bioversity Int. 2007).

Dado el reciente interés en *J. macrocarpa* como fuente de aceite, no existe una descripción morfológica que contemple características de aplicación agronómica. En el caso de *J. curcas*, recientemente se comenzaron a definir descriptores (Guerrero Pinilla y cols. 2011). En los que se incluyen características del rendimiento como racimos por ramas, frutos por racimo, y arquitecturales como diámetro de tallo, ramificación y proyección de copa, entre otras.

Para iniciar el programa de domesticación de *J. macrocarpa* se realizó un estudio de tipo exploratorio/descriptivo con el objetivo de cuantificar la producción de frutos en individuos silvestres y relacionarla con características morfológicas de los especímenes y del ambiente en que se desarrollaron. Se justifica esta actividad por el hecho de que, a pesar de que existen informes de calidad y contenido de aceite en semillas, no hay publicaciones disponibles sobre morfología de las plantas y solo la mencionada de producción de frutos, factor que determinará la viabilidad de avanzar en la domesticación de la especie.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en la provincia de La Rioja, Argentina, sobre las márgenes del río Talamuyuna en las inmediaciones de la RN 38 (29° 42' 36" S; 66° 51' 04" O) durante el mes de abril de 2011, momento en que los frutos se encontraban en el inicio de la dehiscencia. Estos correspondieron a la segunda fructificación anual, lograda en respuesta a los eventos de precipitación ocurridos durante enero-marzo, luego de una primavera particularmente seca. Fitogeográficamente, el área corresponde al Chaco Árido (Morello et al. 1985). El clima es subtropical seco; los datos estadísticos de temperaturas corresponden a la ciudad de La Rioja, distante 35 km del área: temperatura media anual 21°C, media de los seis meses más cálidos 25,3°C, de los seis meses más fríos 14,7°C, con valores extremos de 46,4°C y -7,2°C. El régimen de precipitaciones es unimodal con un promedio anual de 411mm, concentrándose el 86% de las lluvias en el período noviembre-marzo (SMN 2011).

En el área de estudio el relieve es normal a subnormal con una pendiente entre 1 y 3%; los suelos se desarrollan en un material de origen eólico, aluvial loessoides. La textura es franco limosa a franco arenosa y debido a su escaso desarrollo genético pertenecen al Orden Entisol (Callella y Corzo 2006).

Se tomaron como muestras ejemplares seleccionados con el criterio de capturar la mayor cantidad de situaciones ambientales y tamaños de plantas existentes en 137 individuos analizados, en un área de aproximadamente 3ha. Para describir la morfología de cada planta se tomaron las medidas de: perímetro basal a una distancia de 0.30m de la superficie del suelo, que se transformó para obtener el diámetro a la base; altura total de la planta desde la superficie del suelo hasta el ápice más alto. Se contó los ápices totales en cada individuo.

Para evaluar la producción, se cosecharon todos los racimos existentes en cada planta, individualizándolos en envases perfectamente rotulados. Posteriormente se cuantificaron los racimos por planta; cantidad de frutos totales, y cantidad mínima, máxima y media de frutos por racimo en cada planta. Con el objeto de identificar posibles influencias del ambiente sobre la producción, se relevaron factores que determinan competencia interespecífica, considerando a individuos creciendo bajo cubierta de una copa; individuos creciendo con arbustos cercanos (distancia <1m) e individuos sin competencia cuando no se cumplían los requisitos anteriores. También se registró el tipo de agrupamiento de las plantas de *J. macrocarpa* como indicador de competencia intraespecífica considerando dos categorías: plantas agrupadas estimando como tales las que tenían por lo menos 2 plantas vecinas en un radio de 2m y plantas aisladas cuando esta condición no se cumplió.

Los datos morfológicos y productivos se analizaron mediante estadística descriptiva de la muestra total. También se categorizaron los diámetros en cinco (5) clases de 2cm, como indicador de variaciones debidas a la edad de los individuos, tomándolas como factor y realizando un análisis de varianza y test de comparaciones de medias para las variables relevadas.

Para evaluar los efectos de la competencia sobre la producción, se seleccionaron las muestras en función de su diámetro con el objeto de homogeneizarlas y hacerlas comparables. El método seguido fue ordenar los diámetros por categoría de competencia y en base al número de muestras más pequeño desactivar los casos correspondientes a los diámetros más representados. Con los datos comparables según la distribución diamétrica se realizó el análisis de la varianza y el test de diferencias de medias correspondiente.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat (Di Rienzo et al. 2011).

## Resultados y discusión

Aunque el muestreo realizado fue selectivo, se considera que la variabilidad individual de la población es descripta por los valores presentados en la tabla 1.

	Característica	Min	Máx	Med	D.E.
Fru/Rac/planta	Diámetro (cm)	2.5	11.1	6.25	1.59
	Altura (m)	0.4	2.7	1.54	0.45
	Ápices (ud)	1	70	8.51	9.72
	Racimos (ud)	0	72	6.03	7.87
	Frutos (ud)	0	100	9.55	12.18
	Mínimo (ud)	0	4	1.04	0.58
	Medio (ud)	0	4	1.48	0.70
	Máximo (ud)	0	7	2.34	1.23

Tabla 1. Valores de las características morfológicas y productivas de plantas de *Jatropha macrocarpa* Griseb. de una población silvestre. Valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar. N=137.(cm) centímetro; (m) metros; (ud) unidades.

En las plantas relevadas no se incluyó el regenerado existente, considerando este como plantas por debajo de los 0.40m de altura.

Dado que la finalidad del estudio es aportar información inicial para programas de domesticación y selección de la especie, es oportuno destacar dentro de los valores hallados algunos máximos a tener en cuenta como el diámetro de 11.1cm, que a pesar de no contar con información sobre curvas de crecimiento induce a pensar en individuos con un prolongado ciclo de vida. Asimismo la altura máxima registrada de 2.7m, debe analizarse como un indicador de la necesidad de considerar un sistema de podas y conducción que permitan un fácil acceso a todos los sectores de la planta. Los tamaños encontrados coinciden con lo descrito por Fernández Casas y Pizarro Domínguez (2007).

La cantidad de ápices máxima fue de 70 en una misma planta, ordenados de acuerdo a un sistema de ramificación simpodial. No todos presentaron crecimiento reproductivo y/o vegetativo en el hemiclo húmedo relevado, evidenciándose por la ausencia de hojas aun cuando su apariencia turgente y verde indicó que estaban vivos, siendo necesario en futuros estudios evaluar el crecimiento en relación a la disponibilidad hídrica.

Relacionado a la producción, se cuantificó la cantidad de racimos por planta como un parámetro de potencialidad de obtención de frutos, que dependerá de la cantidad de flores fecundadas por racimo y de la disponibilidad de factores de crecimiento para desarrollar las semillas. Como máximo se contaron 72 racimos en un mismo pie; relacionando este valor con el máximo número de frutos por racimo (7ud) puede generarse una idea de la capacidad potencial de producción de la especie. En el presente relevamiento la cantidad máxima de frutos por planta fue de 100 ud, mientras que el promedio, incluyendo las plantas sin frutos fue de 9.55 por planta, elevándose a 10.47 considerando solo las productivas (N=125). Como la población es naturalmente disetanea y en plantaciones necesariamente debemos implantar y mantener stocks de plantas lo más uniformes posibles, y considerando que en general las especies con crecimiento secundario ajustan satisfactoriamente su edad al diámetro de fuste, se categorizó esta variable generando rangos de 2cm, componiendo 5 categorías diamétricas cuyas características se muestran en la tabla 2.

Todas las variables simples se ajustan de forma directa con el aumento de los diámetros de las categorías. Los frutos por racimo muestra un patrón distinto estando las dos primeras categorías en valores similares ( $p>0.01$ ) y las tres mayores en otro grupo sin diferencia con C2. Si se sustraen los individuos sin frutos del Test, no se detectan diferencias en ninguna categoría, lo que indicaría que la cantidad de frutos por racimo es independiente del tamaño de la planta. Esta misma situación se presenta en la cantidad de racimos por ápice.

Cat. diamétricas	C1	C2	C3	C4	C5
Rango (cm)	2 - 3.9	4 - 5.9	6 - 7.9	8 - 9.9	10 - 11.9
n	9	47	64	12	5
Diámetro (cm)*	3.31 (0.49) A	5.15 (0.55) B	6.69 (0.52) C	8.71 (0.43) D	10.50 (0.42) E
Altura (m)*	0.88 (0.32) A	1.37 (0.37) B	1.64 (0.38) BC	1.89 (0.25) C	2.24 (0.34) D
Ápices (ud)*	1.33 (0.71) A	3.96 (2.52) AB	8.73 (5.89) B	15.83 (6.35) C	43.80 (20.10) D
Racimos (ud)*	0.67 (0.71) A	2.77 (2.46) AB	5.92 (3.73) B	13.00 (3.57) C	31.00 (25.79) D
Racimos/ápices (ud)*	0.69 (0.97) A	1.17 (0.94) AB	1.36 (0.91) AB	1.59 (1.03) B	1.08 (0.45) AB
Frutos (ud)*	0.89 (1.05) A	4.23 (3.67) AB	9.42 (6.41) B	20.75 (5.99) C	50.00 (34.84) D
Frutos/Racimo (ud)*	0.78 (0.97) A	1.35 (0.81) AB	1.63 (0.57) B	1.63 (0.33) B	1.76 (0.22) B

Se encontraron plantas improductivas en las dos categorías menores (C1 y C2), el tamaño mínimo de plantas fructificadas fue de 3.5cm de diámetro y una altura de 0.7m. También se hallaron plantas de 5.4cm y 2m, diámetro y altura respectivamente, sin frutos. Esto indica una alta variabilidad en la precocidad de la especie que se presenta como un carácter susceptible de ser mejorado mediante selección. La cantidad de ápices, racimos y frutos muestran una tendencia muy similar entre ellos, presentando valores significativamente diferentes entre las categorías con excepción de la C2 que no se diferencia de C1 y C3. Es de destacar la importante variabilidad en todas las categorías, lo que correspondería a variaciones ambientales o genéticas posibles de ser aprovechadas en las técnicas agronómicas, y/o en la selección de germoplasma para multiplicar.

La competencia interespecífica por la cercanía de arbustos y la sombra sobre la producción (n=66), no producen diferencias significativas ( $p>0.01$ ) en la morfología ni en la producción, y sí en la cantidad de frutos por racimos (Tabla 3). Existen tendencias que indican una mayor cantidad de ápices en plantas sombreadas y menor en aisladas, estando las cercanas a arbustos en una posición intermedia; la altura se comporta de manera análoga y muestra una disminución en el mismo sentido; de manera inversa se comportan la cantidad de racimos y frutos con mayores valores en plantas aisladas. Este mismo patrón se manifiesta en la cantidad de frutos por racimo presentando los extremos significativamente diferentes entre sombra y aisladas con un intermedio indiferenciado cuando compite con arbustos.

Característica	Sombra	Arbustos	Aisladas
Altura (m)	1.82 (0.39) A	1.70 (0.40) A	1.66 (0.41) A
Ápices (ud)	12.09 (11.22) A	11.0 (10.25) A	10.86 (7.82) A
Racimos (ud)	7.41 (5.43) A	7.55 (8.06) A	8.91 (5.84) A
Frutos (ud)	11.32 (8.87) A	13.00 (14.64) A	15.5 (9.26) A
Fru/Rac (ud)	1.49 (0.27) A	1.70 (0.37) AB	1.99 (0.70) B

Tabla 3. Valores medios de características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa* Griseb. creciendo en diferentes condiciones de competencia interespecífica. Letras distintas en filas indican diferencias significativas según test de Duncan  $p<=0.01$ . N=66 para todas las categorías de competencia. (m) metros; (ud) unidades.

Al evaluar el efecto de la competencia intraespecífica el número de muestras útiles se redujo a n=44, estadísticamente no existen diferencias en ninguna de las variables consideradas medidas en plantas creciendo agrupadas comparándolas con las solitarias.

Los valores medios presentan una tendencia en todas las variables, siempre con aumentos en la situación agrupadas, que puede interpretarse como que esta condición favorecería el desarrollo y producción de frutos de la especie (Tabla 4).

Característica	Solitarias	Agrupadas
Altura (m)	1.49 (0.38) A	1.70 (0.35) A
Ápices (ud)	7.95 (7.27) A	11.55 (10.58) A
Racimos (ud)	6.14 (5.44) A	7.91 (8.06) A
Frutos (ud)	10.23 (8.52) A	12.50 (14.50) A
Fru/Rac (ud)	1.49 (0.85) A	1.79 (0.37) A

Tabla 4. Valores medios de características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa* Griseb. en diferentes condiciones de competencia intraespecífica. Letras distintas en filas indican diferencias significativas según test de Duncan  $p<=0.01$ . N=44 para todas las categorías de competencia. (m) metros; (ud) unidades.

La información elaborada contribuye a estimar la potencialidad de *J. macrocarpa* como productora de materia prima para biodiesel, considerando los datos cuantitativos de producción en condiciones silvestres como parámetros en evaluaciones que tiendan a la intensificación de su uso en plantaciones.

Las relaciones de las condiciones de competencia y la producción encontradas, indicarían la conveniencia de plantaciones monofíticas con densidades elevadas.

La alta dispersión en los datos permite asumir variabilidad genética intrapoblacional potencialmente aprovechable en programas de selección, y/o efectos microambientales que deberán ser evaluados.

### Agradecimientos

Al programa Estancias Científicas 2011-2012 de la Universidad Nacional de La Rioja, por el financiamiento del presente estudio. Al Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT)-UNLaR, por las facilidades brindadas.

A los colegas Investigadores del CENIIT, Inés Redolfi y Nahuel Romero, por la revisión y sugerencias al presente trabajo.

## Referencias

Aranda-Rickert, A.; Morzán, L. y S. Fracchia. 2011. Seed oil content and fatty acid profiles of five Euphorbiaceae species from arid regions in Argentina with potential as biodiesel source. *Seed Science Research*. 21, 63-68.

Bioversity International. 2007. Guidelines for the development of crop descriptor lists. *Bioversity Technical Bulletin Series*. Bioversity International, Rome, Italy. xii+72p

Calella, H.F. y R.F. Corzo. (Eds.). 2006. El Chaco árido de La Rioja. Vegetación y suelo. Pastizales naturales. INTA, Buenos Aires: 37-44.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. y C.W. Robledo. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

FACT. 2007. Position Paper on *Jatropha curcas* L. State of the art, small and large scale project development. *Fuels from Agriculture in Communal Technology* (Disponible en: <http://www.fact-fuels.org>).

FAO. 2010. *Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop. The Potential for Pro-Poor Development*. Roma. 96 pp. (Disponible en: <http://www.fao.org>).

Fernández Casas, F.J. y J.M. Pizarro Domínguez. 2007. Otras dos *Jatrophae* (Euphorbiaceae) de Paraguay. *Adumbrationes ad Summae Editionem*. 19: 1-32.

Guerrero Pinilla, J.A.; Campuzano, L.F.; Rojas, S. y J. Pachon-García. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. *Orinoquia*. 15:2 131-147.

Gómez, K.A.; Almeida, T.C.; Gesteira, A.S.; Lobo, I.P.; Guimaraes, A.C.R.; de Miranda, A.B.; Van Stuys, M.; da Cruz, R.S.; Cascardo, J.C.M. y N. Carels. 2010. ESTs from Seeds to Assist the Selective Breeding of *Jatropha curcas* L. for Oil and Active Compounds. *Genomics Insights*. 3 29-56. Doi: 10.4137/GEI.S4340.

Instituto Darwinion. 2009. Flora del cono Sur, Catálogo de plantas vasculares. (Disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina>)

Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana II*. Tucumán.

Morello, J.H.; Protomastro, J.; Sancholuz, L.A. y C. Blanco. 1985. Estudio macroecológico de los Llanos de La Rioja. APN. Serie del Cincuentenario 5. Buenos Aires.

ONU. 2007. Bioenergía sostenible: Un marco para la toma de decisiones. (Disponible en: <http://www.rlc.fao.org>)

Rossi, A. y Y. Lambrou. 2009. Making sustainable biofuels work for smallholder farmers and rural households. FAO, Roma. 24 pp.

Secretaría de Energía. 2010. Resolución N° 554. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Argentina.

Servicio Meteorológico Nacional. 2011. Climatología. Estadísticas La Rioja, período 1981-1990. (Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/>)

Wassner D.; Larran A. y D. Rondanini. 2012. Evaluation of *Jatropha macrocarpa* as an oil crop for biodiesel production in arid lands of the Dry Chaco, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 77: 153-156.

## Investigaciones RES en la degradación de la mezcla PS/PP (80/20) con 20wt% de SBS, bajo irradiación gamma, después de 5 años de almacenamiento en aire.

Davidson, E. (1); Reyes-Romero, J. (2); Moronta, D. (3); Sciamanna, R. (4).

### ESR investigations in the degradation PS/PP (80/20) blend with 20wt% from SBS, under gamma irradiation, after of 5 years of storage in air.

#### Abstract

The additives are intended to increase the lifetime of the polymers. However the exposition to nuclear radiations and the oxidative atmosphere storage induces chemical changes of the additives added to macromolecules which generate modifications in its physical and chemical properties that affect the stability of these materials. In this paper our attention is focused on the degradation processes induced by ageing and gamma irradiation on polystyrene/polypropylene (PS/PP) (80/20) blends with and without compatibilizer styrene-butadiene-styrene (triblock SBS) at 20wt % after 5 years of air storage irradiated with gamma rays from a  $^{60}\text{Co}$  source at a dose rate of 4.8 kGy/h and at a integral irradiation dose of 10, 25 and 50 kGy in the presence of air at room temperature ( $RT = 298^\circ\text{K}$ ). The effect of ageing and gamma irradiation on the polymers studied was measured by electron spin resonance (ESR) spectroscopy 7 days after the gamma irradiation. The dependence of resonance line, Hpp, the resonance line shape, K, and the free radical concentration (S%) versus integral dose, is investigated. The free radicals concentration, S%, has been estimated, for a group of single lines characterized by the same giromagnetic factor, g. The nature of the free radicals is discussed.

**Key words:** Polymers blends, Electron Spin Resonance, Polypropylene, Polystyrene, Irradiated Polymers, Gamma Irradiation.

#### Resumen

Los aditivos tienen como propósito aumentar la vida útil de los polímeros. Sin embargo, la exposición a radiaciones nucleares y el almacenamiento en atmósfera oxidante induce a cambios químicos de los aditivos añadidos al polímero que generan modificaciones en sus propiedades físicas y químicas afectando la estabilidad de estos materiales. En este trabajo estudiamos los procesos de degradación inducida por irradiación gamma sobre el envejecimiento de la mezcla poliestireno/polipropileno (PS/PP) (80/20) con y sin compatibilizante de estireno-butadieno-estireno (SBS tribloque) en 20wt% después de 5 años de almacenamiento en aire, irradiado con rayos gamma provenientes de una fuente de  $^{60}\text{Co}$ , a una tasa de dosis de 4,8 kGy/h, a dosis de irradiación integrales de 10, 25 y 50 kGy, en presencia de aire a temperatura ambiente ( $RT \sim 298^\circ\text{K}$ ). El efecto de la irradiación gamma y el envejecimiento de los polímeros bajo estudio se midió mediante la espectroscopia de resonancia de espín electrónico (RES) 7 días después de la irradiación gamma. La dependencia de la línea de resonancia, Hpp, la forma de resonancia de línea, K, y la concentración de radicales libres (%S) en función de la dosis integral, fueron investigadas. La concentración de radicales libres %S, se ha estimado para un grupo de líneas simples caracterizado por el mismo factor giromagnética, g. La naturaleza de los radicales libres es discutida.

**Palabras clave:** mezclas de polímeros, resonancia de espín electrónico, polipropileno, poliestireno, polímeros irradiados, la irradiación gamma.

(1) Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT), Universidad Nacional de la Rioja, La Rioja, República Argentina. E-mail: davidsonher@yahoo.com. (2) Escuela Básica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. (3) Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. (4) Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

## Introducción

El uso de aditivos en los polímeros tiene la importancia que permite mejorar las propiedades de estos materiales bajo condiciones de uso, principalmente cuando son macromoléculas de gran interés comercial como las poliolefinas y el poliestireno. Por otro lado el uso de las radiaciones nucleares es una alternativa para modificar su estructura a los fines de extender su campo de uso a todos los niveles en la ciencia y la industria (Albano et al, 2001 y Chapiro, 1962). El éxito del uso de las radiaciones se basa en la introducción de energía en los polímeros que promueve variaciones estructurales, donde existe una competencia entre los mecanismos de reticulación (entrecruzamiento), ruptura de la cadena e injerto (Albano et al, 2001; Chapiro et al, 1962 y Rånby y Rabek, 1977), que generan la producción de radicales libres causando una serie de cambios con el propósito de mejorar las propiedades de las macromoléculas.

Debido a la importancia comercial, tecnológica y científica de las poliolefinas y el poliestireno, estos polímeros han sido ampliamente investigados, ya que la irradiación gamma induce modificaciones moleculares, que conducen a una expansión en la gama de usos de estos materiales. (Zhang et al, 1999 y Reyes et al, 2003).

El uso de una herramienta potente como la espectroscopia de RES, permite la identificación cualitativa y cuantitativa de los radicales libres y los procesos de degradación de las macromoléculas (Rånby y Rabek, 1977). Para el estudio tomamos como referencia los parámetros del análisis RES (factor de asimetría (K), el ancho pico a pico (Hpp) y la intensidad de la línea de resonancia (I), el factor giromagnético (g), la estructura hiperfina (a) y la concentración de radicales libres (S). En esta investigación hemos utilizado el análisis de RES, para evaluar el efecto de la irradiación gamma a la temperatura ambiente de 298° K, para el PP, PS con y sin antioxidante recyclostab 811 al 0,1wt% y la mezcla PS/PP (80/20) con antioxidante 0,1% en peso de recyclostab 811, con y sin compatibilizante al 20wt% SBS (Styrolux 48% en peso y Stereon 43% en peso) a bajas dosis de radiación (10, 25 y 50 kGy), después de 5 años de almacenamiento en atmósfera de aire.

## Materiales y métodos

Los polímeros utilizados en esta investigación fueron polipropileno J-300 (MFI = 1,6 g/10 min, a 200°C y 5 kg de carga), suministrado por PROPILVEN; poliestireno (PS) (MFI = 2,3g/10 minutos a 200°C y 5 kg de carga) suministrado por ESTIZULIA y los copolímeros en bloque de estireno-butadieno-estireno, SBS-Styrolux (MFI = 11g/10 minutos a 200°C y 5 kg de carga 48% en peso de estireno) y SBS Stereon (MFI = 11g/10 minutos a 200°C y 5 kg de carga 43% en peso de estireno) suministrados por BASF. Recyclostab 811 de Ciba Geigy se añadió a estos polímeros como un aditivo para inhibir o retardar los procesos de descomposición.

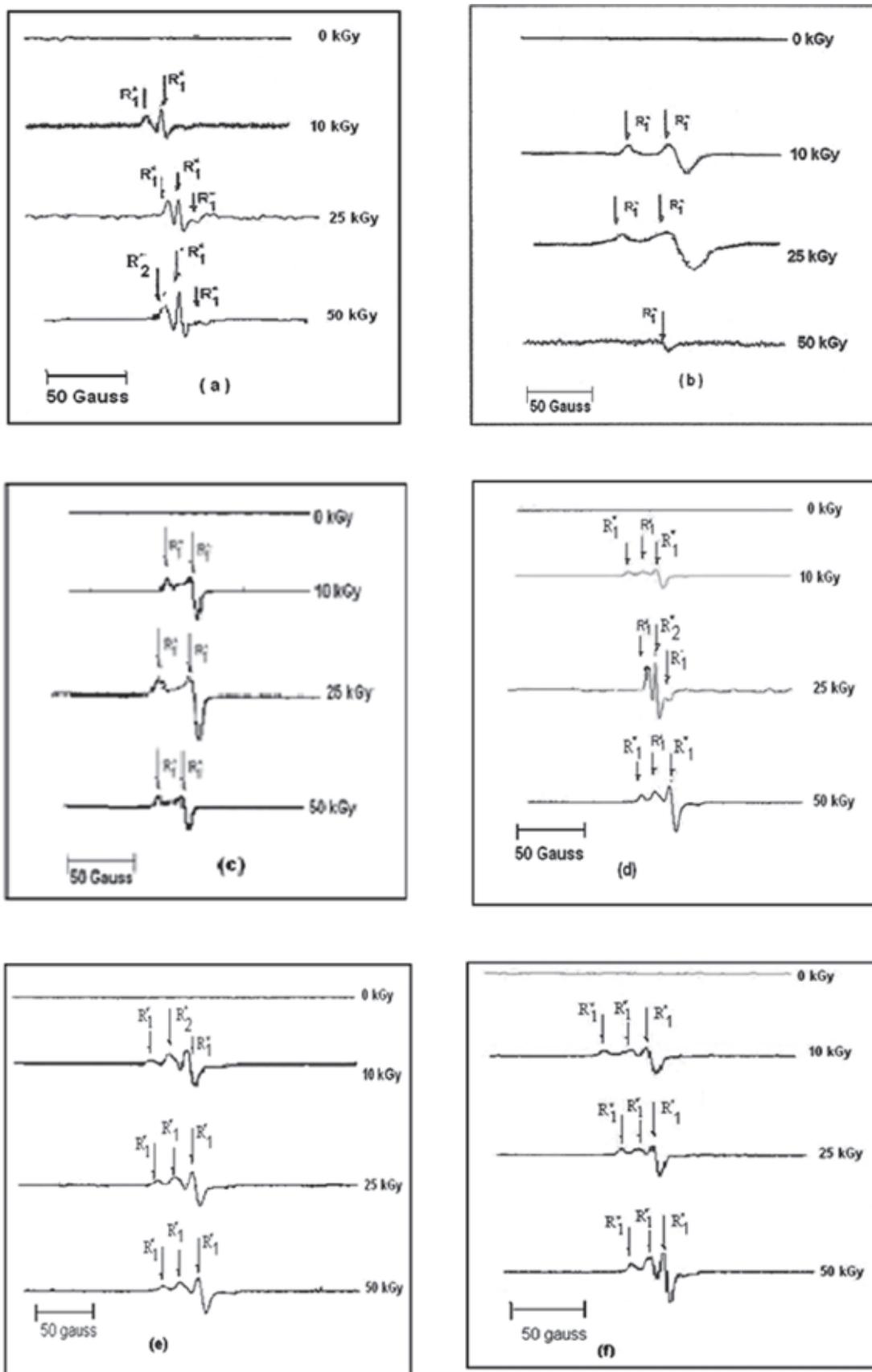
Las mezclas se prepararon en una proporción 80/20 de porcentaje en peso de PS/PP. La cantidad de copolímero de estireno-butadieno-estireno fue de 20wt% con respecto a la mezcla y un agente fue usado como modificador en la mezcla. Estas consideraciones se basaron en investigaciones anteriores sobre el comportamiento mecánico de las mezclas PS/PP (80/20) con SBS a 7,5wt% y sin compatibilizante (Sciamanna et al, 1999).

Las mezclas fueron irradiadas con rayos gamma provenientes de una fuente de <sup>60</sup>Co en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) utilizando dosis integrales de 10, 25 y 50 kGy, a una tasa de dosis de 4,8 kGy/h, después de 5 años de almacenamiento en atmósfera de oxígeno a 298K. Las medidas experimentales se hicieron 7 días después de la irradiación y de almacenamiento en aire. Las mediciones mediante el análisis de Resonancia Electrónica de Spín (RES), fueron realizadas utilizando un espectrómetro modelo Varian E-line-X, a una frecuencia de modulación de 100 KHz. El estudio se realizó a la temperatura ambiental de 298K, en presencia de aire dentro de una cavidad rectangular TE-102, con niveles de potencia y de frecuencia del generador de micro-onda de 1 mW y 9,53 GHz, respectivamente, para evitar la saturación de los posibles radicales libres, principalmente los alquilos y alilos (Jahan y Durant, 2005). Se utilizó el strong pitch como marcador de campo.

## Resultados y Discusión

Los espectros RES de PP y PP 0,1wt% recyclostab 811, se muestran en las figuras 1a-b, respectivamente. No se observa señal alguna a 0 kGy, mientras que a las dosis integrales des 10, 25 y 50 kGy se observa un singlete asimétrico. Los valores de la constante giroscópica g (tabla 1) para PP y PP con 0,1wt% recyclostab 811 corresponden a la presencia de los radicales alquil peróxidos, que son característicos de la degradación en presencia de oxígeno del PP (Chapiro, 1962). Por otro lado, la delgadez de las muestras (1mm) favorece la formación de estos radicales, debido al hecho de que el oxígeno puede difundirse desde la superficie y atacar el carbono terciario de la cadena principal, estos radicales provenientes de la irradiación gamma podrían reaccionar con el oxígeno del aire y se transforman en grupos carbonilos (Chapiro, 1962 y Reyes et al, 2001). La figura 1c muestra los espectros de RES para el PS con recyclostab 811. A 0 kGy no se observa señal del espectro RES, mientras que a 10, 25 y 50 kGy, se aprecia la presencia de dobletes y tripletes asimétricos.

La señal del espectro RES a 10 kGy, corresponde a un doblete asimétrico, con parámetros "g" y "a" atribuidos a los radicales peróxido de R1. (Tabla 1). A dosis integrales de 25 y 50 kGy, se observan tripletes asimétricas, cuyos parámetros de "g" y "a" están asignados a los radicales peróxido sin embargo a 50 kGy, se aprecia la presencia de radicales nitróxido (tabla 1).



**Figura 1.** Espectros de RES para las muestras bajo investigación R1=peroxido; R2=nitroxido, para: (a) PP, (b) PP con 0,1 wt % recyclostab 811, (c) PS con 0,1wt% recyclostab 811, (d) PS/PP (80/20) con 0,1 wt % recyclostab 811, (e) PS/PP con 0.1wt% recyclostab 811 y con 20 wt% SBS Styrolux, (f) PS/PP con 0,1wt% recyclostab 811 y con 20 wt% SBS Stereon.

Muestra/Dosis (kGy)	0	10	25	50
PP	2,22	3,24	3,44	3,72
PP 0,1 wt % recyclostab 811	2,22	3,33	4,42	5,22
PS 0,1 wt % recyclostab 811	2,22	3,22	3,82 y 4,42	3,88 y 3,5
PS/PP 80/20 con 0,1 wt % recyclostab 811	2,22	4,38	3,72; 3,22,3,52	4,55; 3,82 y 3,81
PS/PP 80/20 con 0,1 wt % recyclostab 811 y con 20 wt % of SBS Styrolux	2,22	3,35; 4,21 y 5,02	3,64; 3,65 y 3,82	3,22; 3,31 y 3,60
PS/PP 80/20 con 0,1 wt % recyclostab 811 y con 20 wt % de SBS Stereon	2,22	3,55; 3,88 y 4,22	3,20; 4,47 y 3,55	3,50; 3,64 y 4,25

Tabla 1. Factor asimétrico de la línea de resonancia para las muestras bajo investigación.

Los radicales peróxidos observados (ROO.) probablemente se transforman en grupos carbonilo (Rånby and Rabek, 1977; Reyes Romero, et al, 2004 y Bielski & Gabecki, 1967), como consecuencia de la difusión de oxígeno en las muestras. Este comportamiento nos permite inferir la ocurrencia de un proceso de degradación en este polímero bajo irradiación gamma. Por el contrario la presencia de radicales tipo nitróxido es indicativo de que probablemente el recyclostab 811 es una amina impedida de baja estabilidad a la luz o Hindered Amines Low Stability. (HALS)

Los espectros RES para la mezcla PS/PP (80/20) con 0,1wt% de recyclostab 811 sin estabilizante, (figura 1d) no muestra señal a 0 kGy, mientras que a 10, 25 y 50 kGy, hay tres señales asimétricas asignadas a los radicales libres tipo peróxido R1 y nitróxido R2 (Tabla 1) (Rånby and Rabek, 1977 y Bielski & Gabecki, 1967). La presencia de radicales libres tipo peróxido indican la existencia de procesos de degradación en esta mezcla, ya que estos en atmósfera de aire probablemente se convierten en grupos carbonilos, característicos de la degradación de los polímeros. (Chapiro, 1962; Dakin, 1998; Ronh et al, 2001); mientras que la aparición de radicales nitróxido confirma el hecho de que el recyclostab 811 es un HALS.

En los espectros RES para las mezclas PS/PP (80/20) con 20wt% de SBS-Styrolux, y PS/PP (80/20); 20wt% de SBS-Stereon con 0,1wt% de recyclostab 811, (figuras 1e-f) después de 5 años de almacenamiento en el aire y a temperatura ambiente, no se aprecia ninguna señal de las muestras a 0 kGy. Así mismo tampoco se observa un cambio en la coloración de las mezclas. Un comportamiento similar se aprecia en el PP con 0,1wt% de recyclostab 811 y sin antioxidante, PS con 0,1wt% antioxidante y PS/PP (80/20) sin mezcla de compatibilizante, (figuras 1 a-b-c-d) respectivamente. Estos resultados permiten inferir que el envejecimiento en atmósfera de aire durante 5 años de los homopolímeros no irradiados y en las mezclas no conduce a procesos de degradación.

Para el espectro RES de la mezcla PS/PP (80/20) con 0,1wt%, recyclostab 811 y 20wt% de SBS, Styrolux, (figura 1e) se observan tripletes con una línea de resonancia ligeramente asimétrica a las dosis de irradiación integral, de

10, 25 y 50 kGy. Los valores del factor giroscópico (g) y la estructura hiperfina (a) para esta mezcla (tabla 1) están asignados a los radicales peróxido y nitróxido respectivamente a 10 kGy y corresponden a radicales tipo peróxido a 25 y 50 kGy. El almacenamiento en aire durante y después de la irradiación nos permite afirmar probable oxidación de los radicales peróxidos en grupos carbonilo, (Chapiro, 1962 y Rånby and Rabek, 1977) mientras que la presencia de los radicales nitróxido (Rånby and Rabek, 1973 y 1977), son atribuidos a la presencia de HALS en el recyclostab 811.

En la figura 1f se observan los espectros de resonancia de RES de la mezcla PS/PP (80/20) con 0,1wt%, de recyclostab 811 y 20% en peso de SBS, Stereon. Los espectros muestran una línea de resonancia completamente resuelta y asimétrica a todas las dosis de irradiación integrales (10, 25 y 50 kGy). Los parámetros de "g" y "a", para esta mezcla (tabla 1) son indicativos de que las líneas de resonancia del espectro RES a 10, 25 y 50 kGy, están asociadas con la aparición de radicales peróxido, (R1) que en atmósfera oxigenada probablemente se convierten en grupos carbonilo.

El factor giromagnético (g) de la línea de resonancia de los espectros RES de la mezcla con SBS Stereon 43wt% de estireno, aumentó de  $2,012 \pm 0,001$  a 10 kGy, a  $2,041 \pm 0,001$  a 25 kGy y 50 kGy. Mientras que en la mezcla con SBS Styrolux 48wt% de estireno el parámetro "g" varió de  $2,011 \pm 0,001$  a 10 kGy a  $2,036 \pm 0,001$  a 25 y 50 kGy. Para ambas mezclas la línea de resonancia (g) es atribuida a radicales tipo peróxido (tabla 1). Los resultados obtenidos evidencian la presencia de degradación en ambas mezclas, debido al hecho de que el almacenamiento en atmósfera de aire antes de la irradiación y 7 días previos a los análisis, conjuntamente con el poco espesor de las muestras (1mm) aumentan la peri-oxidación y probablemente la formación de grupos carbonilos. El resultado es compatible con el aumento de los valores del factor "g", y permiten inferir la posible presencia de grupos carbonilos, ya que es bien conocido el hecho de que el factor "g" de los carbonos radicales aumenta cuando el oxígeno está unido al carbono central de forma similar a la estructura:  $-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{CH}_2-$ , debido a la mayor polaridad alrededor de los carbonos radicales (Ikada et al., 1998).

Muestra/Dosis (kGy)	0	10	25	50
PP	-	$g=2,014 (R_1 \cdot)$	$g=2,014(R_1 \cdot)$	$g=2,015 (R_1 \cdot)$
		$g=2,018 (R_1 \cdot)$	$g=2,017 (R_1 \cdot)$	
PP 0,1 wt% recyclostab 811	-	$g=2,013 (R_1 \cdot)$	$g=2,014 (R_1 \cdot)$	$g=2,014 (R_1 \cdot)$
		$g=2,017 (R_1 \cdot)$	$g=2,018 (R_1 \cdot)$	$g=2,018 (R_1 \cdot)$
PS 0,1 wt% recyclostab 811	-	$g=2,010 (R_1 \cdot)$	$g=2,013 (R_1 \cdot)$	$g=2,018(R_1 \cdot)$
		$g=2,020 (R_1 \cdot)$	$g=2,020 (R_1 \cdot)$	$g=2,026(R_1 \cdot)$
		$a=24 \times 10^{-4} T$	$a_1=16 \times 10^{-4} T$	$a_1=16 \times 10^{-4} T$
			$g=2,013 (R_1 \cdot)$	$g=2,002 (R_2 \cdot)$
		$a_2=16 \times 10^{-4} T$	$a_2=17 \times 10^{-4} T$	
PS/PP 80/20 con 0,1 wt% recyclostab 811	-	$g=2,011 (R_1 \cdot)$	$g=2,014(R_1 \cdot)$	$g=2,013 (R_1 \cdot)$
		$g=2,023 (R_1 \cdot)$	$g=2,023(R_1 \cdot)$	$g=2,022 (R_1 \cdot)$
		$a_1=22 \times 10^{-4} T$	$a_1=16 \times 10^{-4} T$	$a_1=22 \times 10^{-4} T$
		$g=2,013 (R_1 \cdot)$	$g=2,002 (R_2 \cdot)$	$g=2,012 (R_1 \cdot)$
		$a_2=18 \times 10^{-4} T$	$a_2=17 \times 10^{-4} T$	$a_2=18 \times 10^{-4} T$
PS/PP 80/20 con 0,1wt % recyclostab 811 y con 20 wt % de SBS Styrolux	-	$g=2,011 (R_1 \cdot)$	$g=2,023 (R_1 \cdot)$	$g=2,022(R_1 \cdot)$
		$g=2,023 (R_1 \cdot)$	$g=2,036 (R_1 \cdot)$	$g=2,023(R_1 \cdot)$
		$a_1=25 \times 10^{-4} T$	$a_1=16 \times 10^{-4} T$	$a_1=18 \times 10^{-4} T$
		$g=2,004 (R_2 \cdot)$	$g=2,012 (R_1 \cdot)$	$g=2,015 (R_1 \cdot)$
		$a_2=32 \times 10^{-4} T$	$a_2=17 \times 10^{-4} T$	$a_2=21 \times 10^{-4} T$
PS/PP 80/20 con 0,1 wt% recyclostab 811 y con 20 wt% de SBS Stereon	-	$g=2,061 (R_1 \cdot)$	$g=2,061 (R_1 \cdot)$	$g=2,036(R_1 \cdot)$
		$g=2,021 (R_1 \cdot)$	$g=2,021 (R_1 \cdot)$	$g=2,021(R_1 \cdot)$
		$a_1=16 \times 10^{-4} T$	$a_1=16 \times 10^{-4} T$	$a_1=17 \times 10^{-4} T$
		$g=2,012 (R_1 \cdot)$	$g=2,014(R_1 \cdot)$	$g=2,012 (R_1 \cdot)$
		$a_2=17 \times 10^{-4} T$	$a_2=17 \times 10^{-4} T$	$a_2=17 \times 10^{-4} T$

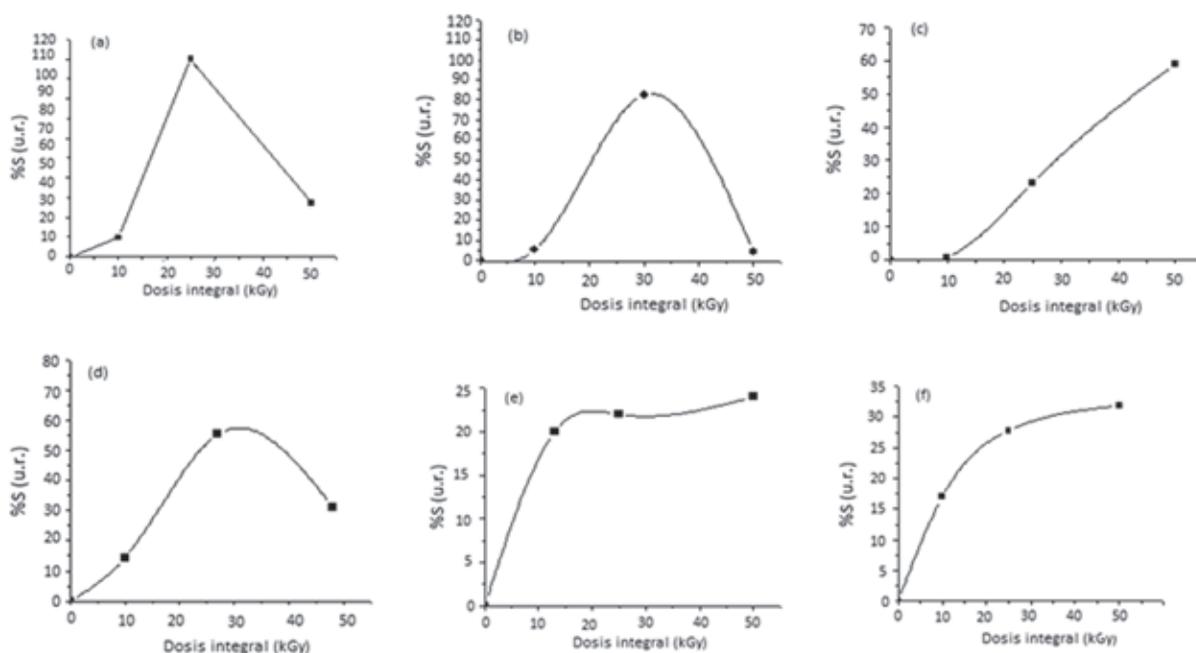
Tabla 2. Factor giromagnético ( $g \approx 0.001$ ), estructura hiperfina ( $a \pm 1$ ) y tipo de radicales libres obtenidos de los espectros RES, para las muestras

Figura 2. La dependencia de la concentración de radicales libres, S%, en unidades relativas para las muestras bajo investigación normalizadas respecto al PP with 0,1 wt % recyclostab 811 a 25 kGy, para: (a) PP, (b) PP con 0,1 wt % recyclostab-811, (c) PS con 0,1 wt.% recyclostab 811, (d) PS/PP (80/20) con recyclostab 811, (e) PS/PP con 0,1 wt % recyclostab-811 y con 20 wt % SBS Styrolux, (f) PS/PP con 0,1 wt % recyclostab 811 y con 20 wt % SBS Stereon.

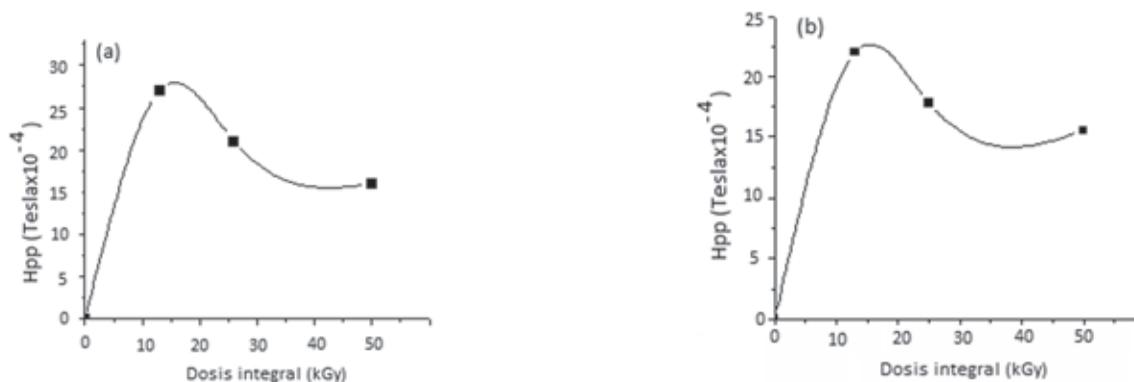


Figura 3. La dependencia del ancho pico-pico de la línea de resonancia (Hpp) para las muestras bajo estudio (a) PS/PP con 0,1 wt % recyclostab

Un comportamiento similar se observó en los otros polímeros investigados bajo el efecto de la irradiación gamma. En la figura 2 se muestra la variación porcentual de la concentración de radicales libres (% S) para los homopolímeros y mezclas bajo investigación, en función de la dosis integral calculado a partir de la doble integral doble de la línea de resonancia (Rånby and Rabek, 1977; Bielski & Gabecki; 1967 y Chipara et al., 1992), usando la relación (1)

$$S=K.Hpp.I \quad (1)$$

donde K, es el factor de forma asimétrica de la línea de resonancia, estimado a partir del método de la tangente (Rånby and Rabek, 1977 y Reyes et al., 2003), Hpp, el ancho pico a pico de la línea de resonancia, y I su intensidad. Se puede apreciar que en el PP y el PP con 0,1wt% de recyclostab 811, (figuras 2a-b) respectivamente, aumenta el % S con la dosis de irradiación integral hasta que alcanza los valores máximos de 100% para PP y cercano al 90% para el PP con el antioxidante 0,1wt% a 25 kGy, respectivamente. A 50 kGy una fuerte disminución en los valores del %S se observa en los dos tipos de polipropileno, causado por el cese de la producción de los radicales libres. Este resultado demuestra la alta sensibilidad del PP a sufrir oxidación por el mecanismo de ruptura de cadena bajo irradiación gamma en aire, derivado de la presencia de un carbono terciario en la cadena principal (Chapiro, 1962). Así mismo la presencia de recyclostab 811 en el PP reduce en un 10% la peri-oxidación máxima, en relación al PP sin antioxidante. (figuras 2a-b)

El PS con 0,1wt% de antioxidante recyclostab 811, figura 2c, muestra un aumento de la concentración de radicales libres con la dosis de irradiación integral, alcanzando un máximo cercano al 62% del valor del %S a 50 kGy, debido a los procesos de depolimerización en esta macromolécula (Leca, 2003). Sin embargo, la menor cantidad de radicales de peróxidos presente en el PS en comparación al PP y al PP con un 0,1% antioxidante por el efecto de la irradiación con rayos gamma, nos permite deducir que los procesos de degradación ocurren más lentamente en el PS que en el PP, como consecuencia de la estabilidad que proporciona el anillo bencénico del PS.

La variación en el %S, con la dosis de irradiación integral para la mezcla PS/PP (80/20) sin compatibilizante SBS, (figura 2d) muestra un comportamiento similar al PP y PP con 0,1wt% de antioxidante (figuras 2a-b). En estos polímeros se aprecia un aumento en el %S, en el rango de 0 a 25 kGy, disminuyendo a una dosis más alta (50 kGy), esto indica el efecto predominante de PP (componente minoritario) en la mezcla.

De este resultado se evidencia la ocurrencia de procesos de oxidación en esta mezcla. Por otro lado, el mecanismo de degradación se produce a un ritmo más lento que en el caso del PP y PP con 0,1wt% antioxidante, debido a la presencia de PS.

En las figuras 2e-f, se comparan los comportamientos del % S, en función de la dosis de irradiación de las mezclas PS/PP (80/20) con 20wt% de SBS Styrolux y Stereon, que contienen 48% y 43wt% de estireno, respectivamente. Se observa en la mezcla Styrolux que se alcanza un valor máximo medido a 50 kGy, próximo al de 23% y un mínimo medido a 10 kGy alrededor del 20%; mientras que en la muestra con SBS Stereon se aprecia un aumento del %S, alcanzando el valor máximo de 30% a 50 kGy. La diferencia observada es consecuencia de la mayor cantidad de estireno en la mezcla con SBS Styrolux, lo que acrecienta la proporción de anillos bencénicos que mejoran su estabilidad bajo irradiación gamma. (Reyes et al., 2001).

Si comparamos ahora la dependencia del %S en función de las dosis de irradiación en las mezclas sin compatibilizante y con Styrolux y Stereon (figuras 2d-e-f), se puede apreciar que el máximo %S en la mezcla con Styrolux es cercana a 23% S a 50 kGy, la mezcla con Stereon alcanza el valor máximo cerca de 30% a 50 kGy; mientras que en la mezcla sin compatibilizante se observó un valor del %S próximo al 62% a 25 kGy.

Estos resultados muestran que el compatibilizante mejora la adhesión entre los polímeros de ambas mezclas con SBS bajo irradiación gamma.

En la tabla 2, se puede observar el comportamiento del factor de forma asimétrica, K (Reyes et al, 2003), para los polímeros bajo estudio. Los valores de K muestran un comportamiento gaussiano puro a 0 kGy ( $K=2,22$ ) (Rånby and Rabek, 1977; Chipara, 1992). A las dosis en el rango comprendido entre 10 kGy y 50 kGy, se observa un comportamiento hacia una forma de línea Lorentziana ( $K=4$ ) (Rånby and Rabek, 1977; Chipara, 1992) lo que evidencia el predominio de las interacciones de intercambio por la presencia de grupos de radicales libres. El comportamiento observado está en concordancia con el aumento de la concentración de radicales libres (%S) en las mezclas con compatibilizante Styrolux y Stereon (Chipara et al., 1992).

En consecuencia, el ancho de la línea de resonancia (Hpp) en función de la dosis integral para la mezcla PS/PP (80/20) con 0,1wt% de recyclostab 811 y 20wt% en peso Styrolux y la mezcla PS/PP (80/20) con 0,1 wt% de recyclostab-811 y Stereon al 20wt% figuras 3a-b, decrecen a su vez que la dosis de irradiación se incrementa a causa del aumento de la concentración de radicales libres (figuras 2e-f). Estos resultados confirman el prevailecimiento de las interacciones de intercambio sobre las interacciones bipolares en estas mezclas. Resultados similares han sido reportados por otros investigadores en el caso del PTFE irradiado con rayos gamma a temperatura ambiente (Chipara y Chipara, 1992).

## Conclusiones

El envejecimiento en aire durante 5 años no conduce a la degradación de los homopolímeros y mezclas en ausencia de irradiación con rayos gamma.

En los homopolímeros irradiados y mezclas después de cinco años de almacenamiento en aire, los radicales libres observados son: peróxidos, nitróxidos y probablemente carbonilos.

Los polipropilenos con y sin antioxidante recyclostab 811, muestran una mayor susceptibilidad a la radiación gamma, en comparación con los demás polímeros investigados. Siendo mayor en la muestra de PP sin antioxidante.

El poliestireno irradiado con rayos gamma después de 5 años de almacenamiento en el aire sufre procesos de depolimerización, sin embargo el PS se degrada a una tasa menor que el PP en términos de dosis.

El comportamiento observado en el %S en función de la dosis integral para la mezcla PS/PP (80/20) con 0,1wt% de recyclostab 811, es similar a la de PP y PP con antioxidante 0,1wt%; aunque el proceso de degradación se producen más lentamente en la mezcla debido a la presencia de PS.

El factor de forma asimétrico, K, muestra un predominio de las interacciones de intercambio en los polímeros investigados. Además, el comportamiento de el ancho de la línea de resonancia (Hpp) en las mezclas con 20wt% de SBS Stereon y 20% en peso Styrolux confirman estos resultados.

La mayor cantidad de estireno, presente en la mezcla con 20% en peso de SBS Styrolux, mejora la resistencia a la irradiación en comparación con la mezcla con 20% en peso de SBS Stereon.

El compatibilizante (SBS tribloque) mejora la adherencia entre el componente de las mezclas irradiada con Styrolux y Stereon, en comparación con la mezcla sin compatibilizante.

La presencia de radicales peróxido por efecto de la irradiación gamma en el aire, conjuntamente aunado a los siete días en atmósfera oxidante después de la irradiación y el espesor de las muestras (1mm), aumentan el proceso de degradación en los polímeros estudiados. Esta afirmación se apoya en el aumento de los valores del factor "g".

No se observaron centros de color en los polímeros investigados.

## Agradecimientos

Los autores damos un especial agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación, con el número de proyectos de Grupo: PG 08-31-5418-2004 y también al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias.

## Referencias

- Albano, C.; Reyes, J.; González, J.; Ichazo, M.; Poleo, R.; Davidson, E. 2001. *Polymer Degradation and Stability*, 73: 39-45.
- Bielski, B. & J.N. Gebicki. 1967. *Atlas of Electron Spin Resonance Spectra*, Academic Press, New York USA , pp. 345-378.
- Chapiro, A. 1962. *Radiation Chemistry of Polymeric Systems*, Interscience, London (England) Vol XXV, pp 443-445.
- Chipara, M.D. & M.I. Chipara. 1992. *Polymer Degradation and Stability*. 37, 67-71.

Chipara, M.I.; Barb, D.; Cojocar, M.; Tudor, D.; Chipara, M.D.; Rogalski, M. 1992. *Polymer Degradation and Stability*, 37, 61-66.

Dakin, V.I. 1998. *Radiation-Induced Network Formation in Polymers Journal of Applied*, John Wiley & Sons 59, 1355-1363.

Ikada, Y.; Nakamura, K.; Ogata, S.; Makino, K.; Tarima, K.; Heñido, N.; Hashayi, T.; Fujita, S.; Fujisawa, A.; Masuda, S.; Oonishi, H. 1998. *Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 39, 159-168, John Wiley and Sons Inc.

Jahan, M.S. y J. Durant. 2005. *Investigation of the oxygen-induced radicals in Ultra high molecular weight polyethylene. Nuclear Inst Meth Phys Res*, 3 236: 166-171.

Leca, M. 2003. *Physical. Chemistry of Macromolecules*, Editura Universitatii din Bucuresti Rumania, pp 75,76.

Rånby and Rabek, 1973, 11, R.O.C. Norman, *Electron Spin Resonance*, Volume 2.

Rånby, B.; Rabek, J.F. 1977, *ESR Spectroscopic in Polymer Research Springer Berlin (Alemania)*, pp 18, 206-207.

Reyes, J.; Albano, C.; González, J.; Ichazo, M.; Poleo, R.; Davidson, E. 2001. *Material, Research Innovations*, 4 (586): 294-300.

Reyes-Romero, J.; Albano, C.; Moronta, D.; Davidson, E.; González, J.; Ichazo, M.; Hernández, M. 2004 *Revista de la Facultad de Ingeniería de la (UCV, Caracas)* 19(2); 115-122.

Reyes, J.; Albano, C.; Claro, M.; Moronta, D. 2003, *Radiation Physics and Chemistry* 67: 453-457.

Rong, M.Z.; Zhang, M.Q.; Zheng, Y.X.; Zeng, H.M.; Walter, R.; Friederich, K. 2001. *Polymer* 42, 167-183.

Sciamanna, R.; Albano, C.; Arribas, G. 1999. *Feasibility of the use of Polystyrene/Polypropylene. Intec'99*, Vol. III. New York, USA, pp. 3916-3919.

Zhang, X.C.; Buthler, M.F.; Cameron, R.E. 1999, *Polymer. International*. 48, 1173- 1178.

## Caracterización genotípica del virus de la hepatitis B en la provincia de La Rioja

Romero, N. (1) Tello Roldán, E. D. (2)

### Genotype characterization of hepatitis B virus infection in the province of La Rioja

---

#### Abstract

The genetic variability is a characteristic common in all the virus. The virus of the B hepatitis (VHB) is a virus DNA with a variability that oscillates in a change by each 1,000 to 100,000 nucleotides incorporated by each replicative cycle. This genetic variability must to errors of the repairing activity of enzymes in charge of this process, transcriptasas inverse, during the process of viral replication. At present, the viral stocks of the VHB are classified in 8 genotypes designated with the letters A-H, each genotype has a differentiated prevalence very world-wide. In the present work the circulating genotypes in the city of La Rioja (150 samples) by means of the RFLP technique. We found up to 94% of cases, genotype F, which was described as originating in Amerindian communities in Central and South America. This prevalence may be because in the city of La Rioja be recorded genetic ancestors originated.

**Key words:** Virus, Hepatitis B, Oligonucleotides, PCR

---

#### Resumen

La variabilidad genética es una característica común en todos los virus. El virus de la hepatitis B (VHB) es un virus ADN con una variabilidad genética que oscila en un cambio por cada 1.000 a 100.000 nucleótidos incorporados por cada ciclo replicativo. Esta variabilidad genética es debida a errores de la actividad reparadora de las enzimas encargadas de este proceso, las transcriptasas inversas, durante el proceso de replicación viral. En la actualidad, las cepas virales del VHB se clasifican en 8 genotipos designados con las letras A-H, cada genotipo tiene una prevalencia muy diferenciada mundialmente. En el presente trabajo se analizaron los genotipos circulantes en la ciudad de La Rioja (150 muestras) mediante la técnica de RFLP. Se encontró hasta en un 94 % de los casos, el genotipo F, que fue descrito como originario de las comunidades amerindias de América Central y del Sur. Esta prevalencia se debería a que en la ciudad de La Rioja se registrarían ancestros genéticos originarios.

**Palabras clave:** Virus, Hepatitis B, Oligonucleótidos, PCR.

---

1-Laboratorio de Nanodiagnóstico. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT). Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR). Av. Luis Vernet y Apóstol Felipe. La Rioja (5300). nahuelromero@yahoo.com.ar.

2- Laboratorio de Anatomía Patológica. Hospital Escuela y de Clínicas "Virgen María de Fátima". Universidad Nacional de La Rioja.

## Introducción

El virus de la Hepatitis B (VHB), es un virus DNA de doble hebra parcial, semicircular, con envoltura, perteneciente a la familia *Hepadnaviridae*. Cada año el VHB infecta de 10 a 30 millones de personas en todo el mundo (WHO 2010).

El VHB es un hepadnavirus, cuyo virión completo (partícula de Dane) es de doble envoltura, esférico y de 42 nm de diámetro. La envoltura externa está compuesta por una bicapa lipídica obtenida por gemación de la membrana celular del hepatocito durante el ciclo replicativo del virus y glicoproteínas de la envoltura viral: Grande L (Large), Mediana M (Middle) y Pequeña o principal S (Small) (Pujol 2000, Martínez et al. 2007). El virus de la hepatitis B infecta básicamente las células hepáticas. Sin embargo, otras células del cuerpo, incluyendo los glóbulos blancos y otros tejidos, pueden albergar al VHB (Hallet et al. 2000, Magnius & Norder 2010).

Como todos los seres vivos, los virus pueden pasar por mutaciones o cambios en su estructura celular mientras se multiplican millones de veces. Aunque el VHB es un virus de ADN, sus instrucciones de replicación provienen de la enzima polimerasa, que es un compuesto del ARN (Mantilla 2000). Su proceso de replicación (similar al del virus VIH) carece de una "función de corrección" común en otras células. Como resultado, el VHB tienen un índice de mutación diez veces más alto que el de otros virus del ADN. Las mutaciones que se han identificado hasta el momento, ocurren en la región central del VHB (región promotora del núcleo o gen pre-núcleo) y también en el antígeno de superficie (Chacón & Aponte 2000). Algunas de las cepas mutantes con mutaciones en la región central son denominadas cepas mutantes pre-núcleo. Los VHB que no tienen ninguna mutación se denominan virus de "tipo silvestre". En algunos niños y adultos, el mutante del pre-núcleo se convierte en la forma dominante del VHB en sus cuerpos durante el transcurso de unos años. Sin embargo, algunas personas están claramente infectadas desde el principio con virus en el cual el mutante del pre-núcleo es la forma viral dominante (Carman et al. 2003). Las mutaciones del pre-núcleo, que tienen componentes faltantes o alterados en su huella genética, pueden hacer que al sistema inmunológico de un niño le sea difícil detectar y combatir el virus (Koike & Takada 2009). Estas mutaciones también pueden hacer que el virus sea resistente a determinadas drogas antivirales, como el interferón. Las mutaciones virales también pueden determinar la rapidez con que un niño o adulto puede desarrollar el anticuerpo (Lee 1998). Otra cepa mutante permite al virus replicarse sin producir o secretar el antígeno. Esto tiende a ocurrir más en personas de Asia y de la región Mediterránea, pero puede predisponer a las personas a infecciones por VHB crónicas o de largo plazo. El segundo grupo de mutaciones, antes mencionado, se produce en el antígeno de superficie (Brunetto 1999). Estos virus mutados, originalmente denominados mutantes escapatorios de vacuna, son preocupantes ya que el actual proceso de detección en la sangre no alcanza a detectar este antígeno de superficie alterado (Bowyer & Sim 2000). Hasta la fecha, estas mutaciones rara vez ocurren y se presentan principalmente en Asia. Las mutaciones descritas en el VHB

son de diferentes tipos, cada una de las cuales tiene una aproximación clínica diferente y para las cuales existen hoy en día ensayos comerciales para su estudio: mutantes pre-core/core promotor; mutantes resistentes a terapia (gen Pol); mutantes del antígeno de superficie, asociadas a vacuna (gen S). Las dos primeras se han relacionado con mayor daño hepático, menor respuesta y/o alta replicación viral (Günther & Fischer 1999).

Con la creciente disponibilidad de diferentes alternativas de tratamiento contra el VHB, nuevos ensayos moleculares van adquiriendo mayor relevancia, especialmente para la detección precoz de mutantes resistentes. En los años 70 se describió, por métodos serológicos, la existencia de cuatro subtipos AgsHB según la expresión del determinante antigénico común "a": adw, adr, ayw, ayr. Años después se identificaron cuatro subdeterminantes de w (1, 2, 3 y 4) y posteriormente se adiciona el determinante q, dividiéndose en q-positivos (+) y q-negativos (-); así, se establece la variabilidad serológica a nivel del AgsHB y se clasifican en nueve subtipos diferentes para el determinante antigénico común "a": adw2, adw4, adr, ayw1, ayw2, ayw3, ayw4, ayrq+, ayrq-. Esta clasificación serológica prevaleció por años, hasta que en la década de los 80 se estableció la distribución geográfica de estos subtipos y se obtuvo la secuencia genómica completa de los aislados del VHB, observándose sustituciones múltiples a lo largo del genoma (Okamoto & Tsuda 1988). Análisis posteriores de secuencias completas demostraron la emergencia de otras diferencias en los subtipos aislados del VHB cuyas sustituciones genómicas basadas en una divergencia del 8% o más entre secuencias del genoma completo y de 4% o más del gen S, hicieron necesaria la clasificación genética del VHB distribuyéndolos en 8 genotipos denominados: A, B, C, D, E, F y G; el genotipo F se ha dividido a su vez en IV conglomerados basándose en la existencia de más del 4% de divergencia en la secuencia nucleotídica. Estudios recientes, han descrito un amplio rango de divergencia entre los genotipos descritos (0,1 a 7,4% y 6,8 a 17,1% respectivamente) por lo que se ha propuesto considerar este hallazgo como un nuevo genotipo denominado "H" sumando los 8 genotipos diferentes para el VHB; hecho considerado como un importante logro de la virología descriptiva (Devesa et al. 2004, Arauz-Ruiz 2002, Quintero et al. 2002).

El genotipo A se encuentra principalmente en Norteamérica, el Noroeste de Europa y en África Central. El genotipo B se encuentra principalmente en el Sudeste de Asia, China y Japón (Berger et al. 2008). El genotipo C se encuentra principalmente en el Sudeste de Asia, China y Japón. El genotipo D se encuentra en el Sur de Europa, en Medio Oriente e India. El genotipo E se encuentra principalmente en África (Nassal 1999). El genotipo F se encuentra principalmente en americanos nativos de Norteamérica y en la Polinesia, y en Sudamérica y Centroamérica. El genotipo G, el último genotipo del VHB identificado, se encontró en Estados Unidos y Francia. Existe una fuerte correlación entre raza/origen étnico y el genotipo del VHB (Hino & Kajino 2009).

## Materiales y métodos

### Extracción de ADN

Se utilizó 5ml de sangre total de cada una de las 150 muestras y se agregó 2 ml de solución de Lisis (NaCl 0,14 M, acetato de magnesio 1,5 mM, KCl 5 mM y dodecil sulfato sódico al 1%) y 2 ml de FCI (25:24:1 partes de fenol/cloroformo/isoamílico cada uno respectivamente). Se agitó vigorosamente durante 15 segundos y posteriormente se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos. Luego de la fase acuosa se extrajeron 2 ml y se le agregaron 0,2 ml de acetato sódico 3 M, homogenizando suavemente por inversión. Se añadieron 5 ml de etanol absoluto, centrifugando a 3500rpm durante 10 minutos. Se descartó el sobrenadante por inversión y una vez escurrido el sobrenadante se agregó 100 ul de TE pH 7,5, durante 24hs en la estufa a 37°C.

### Diagnóstico Serológico

Los diagnósticos se realizaron por test serológicos que reconocen el antígeno de superficie y el anticore IgM, utilizando para ello la técnica de inmunoanálisis enzimático de micropartículas a través del sistema IMX (ABBOTT Diagnostics Division).

### Reacción de PCR

Las amplificaciones se realizaron en un termociclador PTC-100, MJ Research, programado de la siguiente manera: 1 ciclo de desnaturalización inicial de 94 °C por 5 minutos, 40 ciclos de 94 °C por 45 segundos, 53 °C por 60 segundos y 72 °C por 90 segundos. Finalmente 1 ciclo extensión final a 72 °C por 7 minutos. La composición de la reacción de PCR fue de 20 µl determinada por: 1X de Buffer Green GoTaq™ ADN polimerasa (Promega), 2 mM de MgCl<sub>2</sub> (Promega), 100 µM de una mezcla de dNTPs (Promega), 0,2 µM de cada oligonucleótido, 0,05 U/µl de GoTaq™ Polimerasa

(Promega), 30 ng de ADN y agua ultrapura (GIBCO). Los oligonucleótidos fueron sintetizados por Biodynamics S.R.L (Argentina). Los productos de amplificación se resolvieron por electroforesis a 90 voltios durante 1 hora 35 minutos en geles al 1,2% de agarosa D1-LE (Biodynamics) preparados con TBE (13,5 g Tris Base; 5,5 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 4 ml de 0,5 M de EDTA pH 8).

Una vez concluida esta etapa, el gel fue fotografiado con un equipo de fotodocumentación dotado con un transiluminador UV (Gel Doc 100 Gel Documentation System, Bio-Rad) y cuya imagen fue digitalizada para su posterior análisis con un programa de análisis molecular (Molecular Analysis de BIO-RAD). Los secuenciamientos se realizaron en ambas hebras de ADN (Magrogen).

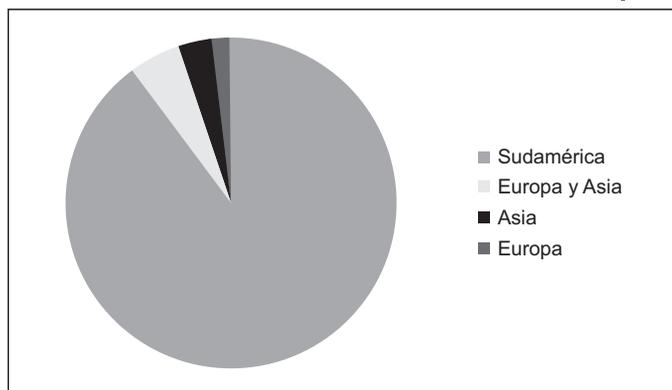
### Genotipificación de VHB mediante RFLP

HinfI: Se agregó 12,5 ul del producto de PCR de VHB, junto con 1,5 ul de Buffer 10x y 1 ul de enzima Hinf I. La mezcla se incubó a 37° durante 3 horas. Tsp 590I: Se agregó 12,5 ul del producto de PCR de VHB, junto con 1,5 ul de Buffer 10x y 1 ul de enzima Tsp 590I. La mezcla se incubó a 37° durante 3 horas. Los productos de las digestiones enzimáticas fueron procesados en una electroforesis de gel de agarosa al 3% a 90 V durante 1 hora.

## Resultados

### Distribución de Genotipos del VHB en la Provincia de La Rioja

Se analizaron 150 muestras de pacientes con VHB positivos recolectados en la Provincia de La Rioja. El estudio mostró que el 94% de los sueros (141 muestras) correspondían al genotipo F, descripto para las comunidades de Sudamérica, en tanto un 3% ( 4 muestras) correspondía al genotipo C, localizado originalmente en Asia. Un 2% (3 muestras) correspondían al genotipo D, descripto en Europa y Asia y un 1% (2 muestras) fueron del genotipo A de Europa.



Genotipo	Ubicación
A	Europa
B	Asia
C	Asia
D	Europa y Asia
E	Africa
F	Sudamérica
G	Norteamérica
H	Oriente

Fig.1- Gráfico y tabla donde se muestran los diferentes genotipos encontrados para las 150 muestras de la ciudad de La Rioja. Genotipo F, de Sudamérica. Genotipo C, de Asia. Genotipo D de Europa y Asia, y Genotipo A de Europa.

## Discusión

Hay aproximadamente 2000 millones de personas infectadas por el virus, y cerca de 350 millones con hepatopatía crónica. Alrededor de 600.000 personas mueren cada año por las consecuencias graves de la hepatitis B. (WHO 2010). Cerca de un millón de muertes al año están relacionadas con hepatocarcinoma primario asociado a la infección por VHB, lo que hace a este virus la cuarta causa de muerte por enfermedades infecciosas a nivel mundial (Lindh et al. 2007). La replicación del VHB posee un potencial de variabilidad genética mayor que la de los virus ADN en general favoreciendo la aparición de mutantes naturales generadas por sustituciones puntuales, por reordenamiento de genes, o por cambios en los marcos de lectura denominados genotipos (Coursaget et al. 2009). La variabilidad genética podría estar asociada con las diferentes vías de transmisión, resistencia al interferón o progresión hacia el desarrollo de carcinoma hepatocelular (Castro et al. 2003). La epidemiología molecular ofrece herramientas de indudable importancia en el estudio de la infección por el VHB (hibridación molecular, secuenciación genómica y la reacción en cadena de la polimerasa) que permiten establecer las características de los genomas del VHB que circulan tanto en las poblaciones heterogéneas como en las étnicamente definidas, aportando así datos importantes sobre la evolución viral (Telenta et al. 2007). Estas herramientas han permitido elaborar teorías sobre el origen y la evolución del VHB y otros hepadnavirus. Si se estima que el paso de los primeros pobladores del Nuevo Mundo a través del estrecho de Bering ocurrió hace 10.000-30.000 años, es posible que durante ese tiempo hayan emergido los nuevos genotipos del VHB a partir de la cepa progenitora del actual genotipo F, propia del continente Americano, por lo que se ha propuesto que el VHB es originario de este continente, ocurriendo posiblemente, una división posterior entre las cepas B y C por un lado y las cepas A, D y E por el otro (Blitz et al. 2008). La teoría desarrollada luego de la formación del árbol filogenético basado en la caracterización molecular de las secuencias de genomas completos del VHB revelan una amplia divergencia del genotipo F con los otros genotipos (Blitz et al. 2006). El estudio de las variantes genéticas del VHB es uno de los temas de mayor actualidad en el campo de la virología, puesto que ha permitido establecer la distribución geográfica característica de cada uno de ellos evidenciándose que el genotipo A se encuentra principalmente en el viejo mundo (abarcando la costa norte y sur del Mediterráneo) y en algunos aislados de Estados Unidos; los genotipos B y C se reportaron en poblaciones del Sudeste Asiático y en países Árabes; el genotipo D se encuentra ampliamente distribuido por el mundo; el genotipo E en poblaciones del continente Africano; el genotipo F es descrito en poblaciones del continente Americano, sobre todo en poblaciones aborígenes, proponiéndose la posibilidad de que sea originario de las Américas. El genotipo G, descrito en poblaciones de Estados Unidos. El genotipo H, recientemente descrito, propuesto de comunidades de Oriente (Ponce et al. 2004, Del Nunzio et al. 2007, Castro et al. 2010).

Por todo lo planteado, se hace necesario continuar con los estudios sistemáticos del comportamiento de estos genotipos virales, no solo desde el punto de vista molecular, clínico o terapéutico sino también desde el punto de vista de la genética poblacional. Estos estudios permitirán en un futuro comparar las actuales y nuevas vacunas para saber el grado de protección según la zona y su genotipo predominante.

## Agradecimientos

El proyecto fue financiado en su totalidad por el Programa "Estancia Científicas UNLaR 2011-2012". Agradecemos a las máximas Autoridades de la Universidad Nacional de La Rioja, Prof. Dr. Enrique Daniel Nicolás Tello Roldán y Prof. Dr. Sergio Eduardo Martín por incentivar y apoyar el desarrollo Científico y Tecnológico. Agradecemos el permanente apoyo y seguimiento recibido por parte de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNLaR.

## Referencias

- Arauz-Ruiz, P.; Norder, H.; Robertson, B.H.; Magnius, L.O. 2002. Genotype H: a new Amerindian genotype of hepatitis B virus revealed in Central America. *J Gen Virol* 2002;83: 2059-73.
- Berger, A.; Doerr, H.; Weber, B. 2008 Human Immunodeficiency Virus and Hepatitis B Virus Infection in Pregnancy: Diagnostic Potential of Viral Genome Detection. *Intervirology* 2008; 41:201-7.
- Bowyer, S.; Sim, J. 2000. Relationship Within and Between Genotypes of Hepatitis B Virus At Points Across the Genome: Footprints of Recombination in Certain Isolates. *J Gen Virol* 2000; 81 (2): 379-92.
- Blitz, L.; Monsalve, F.; Atencio, R.; Porto, L.; Monzon, M.; Faradov, M.; Pujol, F.; Echevarría, J. 2006 Serological Survey of Markers of Infection With Viral Hepatitis Among the Yukpa Amerindians From Western Venezuela. *Ann Trop Med Parasitol*. 2006; 90 (6): 655-7.
- Blitz, L.; Pujol, F.; Swenson, P.; Porto, L.; Atencio, R.; Araujo, M. y col. 2008. Antigenic Diversity of Hepatitis B Virus Strains of Genotipo F in Amerindians and Other Population Group From Venezuela. *J Clin Microbiol*. 2008; 36 (3): 648-51.
- Brunetto, M.; Aragon, U.; Bonino, F. 1999. Hepatitis B Virus Mutans. *Intervirology* 1999; 42: 69-80.
- Carman, W.; Thomas, H.; Domingo, E. 2003. Viral Genetic Variation: Hepatitis B Virus as a Clinical Example. *Lancet* 2003; 341: 349-52.

- Castro, D.; Arvelo, H.; Cisternas, J. 2003. Estructura de población y factores influyentes en dos pueblos negros venezolanos. *América Negra* 2003; 5:37-47.
- Castro, D.; Arvelo, H.; Rodríguez, A.; Salzano, F. 2010. Genetic Study in Panaquire, a Venezuelan Population. *Hum Hered*, 2010. 46. 323-8.
- Coursaget, P.; Yvonnet, B.; Bourdil, C.; Mevelec, M.N.; Adamowicz, P.; Barres, J.L.; Chotard, J.; N'Doye, R.; Diop Mar, I.; Chiron, J.P. 2009. HBsAg Positive Reactivity in man not due to hepatitis B virus. *Lancet* 2009; 12(2(8572))1354-8.
- Chacón, P.; Aponte, C. 2000. Marcadores serológicos en las Hepatitis Virales. *Acta Cient Soc Ven Bioanal Esp* 2000; 6 (1-2): 53-65.
- Del Nunzio, J.; Brito, J.; Brazón, S.; Carpio, C.; Ledezma, E.; Pujol, F. 2007. Prevalencia de marcadores serológicos para Hepatitis B y C en pacientes Gestantes del Hospital Universitario "Dr. Luis Razetti" de Barcelona, estado Anzoátegui. *GEN*. 2007; 51: 226-9.
- Devesa, M.; Rodríguez, C.; León, G.; Liprandi, F.; Pujol, F. 2004. Clade analysis and surface antigen polymorphism of hepatitis B virus American genotypes. *J Med Virol* 2004; 72(3): 377-84.
- Günther, S.; Fischer, L. 1999. Naturally Occuring Variants of Hepatitis B Virus. *Adv Virus Res* 1999; 52:25-137.
- Hallet, R.; Clewley, J.; Teo, C. 2000. The Molecular Characterization of a Divergent TTV Genome. *Antiviral Ther* 2000; 5 (Suppl.1) pp G.10.
- Hino, O.; Kajino, K. 2009. Hepatitis Virus Related Hepatocarcinogenesis. *Intervirology*. 2009; 37: 133-5.
- Koike, K.; Takada, S. 2009. Biochemistry and Functions of Hepatitis B Virus X Protein. *Intervirology* 2009; 38: 89-99.
- Lee, W. 1998. Hepatitis B Virus Infection. *N Engl J Med* 1998; 337:1733-45.
- Lindh, M.; Andersson, A.; Gusdal, A. 2007. Genotypes, nt 1858 Variants, and Geographic Origin of Hepatitis B Virus—Large Scale Analysis Using a New Genotyping Method. *J Infect Dis*. 2007; 175: 1285-93.
- Magnius, L.; Norder, H. 2010. Subtypes, Genotypes and Molecular Epidemiology of the Hepatitis B Virus as Reflected by Sequence Variability of the S-Gene. *Intervirology*. 2010; 38: 24-34.
- Mantilla, P. 2000. Diagnóstico Clínico de las Hepatitis. *Acta Cient Soc Ven Bioanal Esp* 2000; 6 (1-2): 66-79.
- Martínez Méndez, D. K.; Barboza, L. and Hernández Valles, R. C. 2007. Genotipos de Hepatitis B: Importancia clínica. *Rev. Soc. Ven. Microbiol.*, 2007, vol.27, no.1, p.349-363.
- Nassal, M. 1999. Hepatitis B Virus Replication: Novel Roles for Virus – Host Interactions. *Intervirology*; 42: 100-16.
- Okamoto, H.; Tsuda, F. 1988. Typing Hepatitis B Virus by Homology in Nucleotide Sequence: Comparison of Surface Antigen Subtypes. *J Gen Virol* 1988; 69: 2575-83.
- Ponce, J.; Cárdenas, L.; García, F.; León, G.; Blitz-Dorfman, L.; Monsalve, F.; Pujol, F. 2004. Alta Prevalencia de Marcadores de Hepatitis B y C en una Comunidad de Indigentes de Caracas, Venezuela. *Invest Clin*. 2004; 35 (3): 123-9.
- Pujol, F. 2000. Biología de los Virus de Hepatitis. *Acta Cient Soc Ven Bioanal Esp* 2000; 6 (1-2):5-12.
- Quintero, A.; Martínez, D.; Alarcón de Noya, B.; Costagliola, A.; Urbina, L.; González, N. y col. 2002. Molecular epidemiology of hepatitis B virus in Afro-Venezuelan populations. *Arch Virol*. 2002; 147:1829-36.
- Telenta, P.; Palacios, G.; López, J.; González, J.; Lemberg, A.; Campos, R. 2007. Increased Prevalence of Genotype F Hepatitis B Virus Isolates in Buenos Aires, Argentina. *J Clin Microbiol*. 2007; 35:1873-5.
- WHO 2010. World Health Organization. Hepatitis B. World Health Organization Fact Sheet No. 204.

## Diversidad específica de controladores biológicos crisópidos (Neuroptera: Chrysopidae) en el germoplasma olivícola en la Plaza Solar, La Rioja, Argentina.

González Olazo, E. (1), Redolfi, I. (2), Patt, G. (2), Campos, M. (3)

## Specific diversity of beneficial lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in germoplasm olive cultivars in the Solar Place, La Rioja, Argentina.

### Abstract

Between the months of March to August of 2011, it was made prospection of lacewings adults and eggs of in germplasm olive trees of the Solar Square of the National University of La Rioja. The adults were collected by means of entomological net in the tree, during the hours of light in the day, and with plastic bottle of 500ml in the hours at night.

The eggs were obtained in the leaves of the tree. The eggs entered in the laboratory of the CENIIT, until the obtaining of the adults. Its were prepared in boxes entomology and determined by the Dr. Enrique González Olazo in the Fundación Miguel Lillo.

In the six months of sampling (autumn-winter) a total of six species was determined: *Ceraeochrysa claveri* Navás, *Chrysoperla asoralis* (Banks), *C. argentina* González Olazo y Reguilón, *C. externa* (Hagen), *Ungla argentina* (Navás) y *U. binaria* (Navás). They are new records for La Rioja and olive crops: *C. asoralis*, *C. claveri*, *U. argentina* and *U. binaria*.

The most abundant species (n=9) was *C. asoralis*. Present data on the biology and ecology of the species and a key for the determination of the genus and the six species of Chrysopidae.

**Key word:** specific diversity, Neuroptera, olive tree

### Resumen

Entre los meses de marzo y agosto de 2011, se realizó prospección de adultos y posturas de crisópidos en el germoplasma olivícola de la Plaza Solar de la Universidad Nacional de La Rioja. Los adultos fueron colectados mediante red entomológica en el árbol, durante las horas de luz, y con botella plástica de 500ml en las horas de oscuridad.

Los huevos fueron obtenidos en las hojas del árbol. Las posturas ingresaron a la cría en el laboratorio del CENIIT, hasta la obtención de los adultos, los cuales fueron acondicionados en cajas entomológicas y determinados por el Dr. Enrique González Olazo en la Fundación Miguel Lillo.

En los seis meses de muestreo (otoño-invierno) se determinó un total de seis especies: *Ceraeochrysa claveri* Navás, *Chrysoperla asoralis* (Banks), *C. argentina* González Olazo & Reguilón, *C. externa* (Hagen), *Ungla argentina* (Navás) y *U. binaria* (Navás). Son nuevas citas para La Rioja y el cultivo del olivo: *C. asoralis*, *C. claveri*, *U. argentina* y *U. binaria*.

La especie más abundante (n=9) fue *C. asoralis*. Se presentan datos de la biología y ecología de las especies. Se elaboró una clave para la determinación de los géneros y las seis especies de Chrysopidae.

**Palabras clave:** diversidad específica, Neuroptera, olivo, Plaza Solar, La Rioja

1-Fundación Miguel Lillo, Tucumán. [Chrysoperla@gmail.com](mailto:Chrysoperla@gmail.com),

2-Laboratorio de Recursos Naturales Renovables, Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT), Universidad Nacional de La Rioja. [ines.redolfi@yahoo.es](mailto:ines.redolfi@yahoo.es), [pattgerman01@yahoo.com.ar](mailto:pattgerman01@yahoo.com.ar),

3-Laboratorio de Sanidad Vegetal, Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada, España. [mercedes.campos@eez.csic.es](mailto:mercedes.campos@eez.csic.es)

## Introducción

El olivo, *Olea europaea L.* es una de las plantas cultivadas más antiguas, caracterizada por su adaptación a zonas áridas mediterráneas. En las últimas décadas se han intensificado las investigaciones y la implementación del control biológico, con la finalidad de obtener un valor agregado en los mercados internacionales (Campos, 1976; Barranco *et al.*, 2008). Entre los controladores biológicos de importancia, los crisópidos son insectos ampliamente reconocidos por la acción de larvas predadoras generalistas de huevos, larvas y adultos de insectos de cuerpo blando, muchos de los cuales son plagas agrícolas. Los adultos tienen desplazamiento nocturno y la mayoría se alimenta de sustancias azucaradas y polen en los vegetales, colocan los huevos en la parte apical de un pedúnculo que fijan principalmente a las hojas y troncos. Diversas especies son utilizadas en el control biológico aumentativo, como por ejemplo *Chrysoperla carnea* en el olivo (New, T.R. 1975, 2001; Brooks and Barnard, 1990; De Freitas and Penny, 2001; Valencia *et al.*, 2006). La provincia de La Rioja tiene la mayor área de superficie implantada con olivo en la Argentina (SENASA, 2011). Se han citado dos especies de crisópidos en los olivares de La Rioja: *Chrysoperla externa* (Hagen) y *C. argentina* González Olazo y Reguilón (González Olazo y Reguilón, 2002; De Freitas, 2007). El presente trabajo tiene como objetivo determinar la presencia de especies de crisópidos en el germoplasma olivícola de la Plaza Solar de la Universidad Nacional de La Rioja, y generar información en la taxonomía y ecología de estos controladores biológicos, como aporte para la gestión del control biológico en el cultivo del olivo.

## Materiales y métodos

### Prospección de adultos y huevos de crisópidos

Se realizó en el germoplasma olivícola de la Universidad Nacional de La Rioja. El área es de 20ha, con 1560 plantas en 56 variedades, distribuidas en un marco de plantación 10x10m, en 15 parcelas separadas por calles (Redolfi y Campos, 2011). La edad de los árboles es de 60 años. El Departamento capital La Rioja se encuentra a 478msnm, Latitud 27°19'S y Longitud 66°50'O en el Chaco árido (forma parte del Chaco Occidental), en la Región de los Llanos de la Rioja, Subregión Bajadas. En el cono aluvial de la Quebrada de los Sauces con suelo en capas de deposición de distinta granulometría (Callela y Corzo, 2006). El clima es subtropical semi-desértico y las precipitaciones se concentran de noviembre a marzo (primavero-estival) en un 85% (Blanco *et al.*, 2005).

Los muestreos fueron entre los meses de marzo y agosto de 2011. La colecta de adultos se realizó con red entomológica en los árboles entre las 9:00 a 14:00hs, y con botella plástica de 500cc entre las 21:00 a 23:00 hs. La colecta de huevos (Figura 1a) fue en 12 árboles escogidos en forma aleatoria. Se observaron los troncos y las hojas en las ramas en los cuatro puntos cardinales.

### Cría de larvas de crisópidos hasta adultos

Los huevos fueron colocados en recipientes plásticos de 10cc (Figura 1b) y criados en laboratorio hasta la obtención de adultos. Las larvas de crisópidos fueron alimentadas con huevos (Figura 1c) y larvas del *Tenebrionidae Ulomoides desmestoides* (Fairmaire) de cría en el laboratorio.

La cría del coleóptero fue en frascos de vidrio (Figura 1d) de 500cc con tapa de lienzo y alimentados con pan integral, donde depositan las posturas. Costa Neto y Ramos-Elorduy (2006), citan a esta especie de origen chino, común en la antropofagia, en cría doméstica y en la cura de enfermedades.

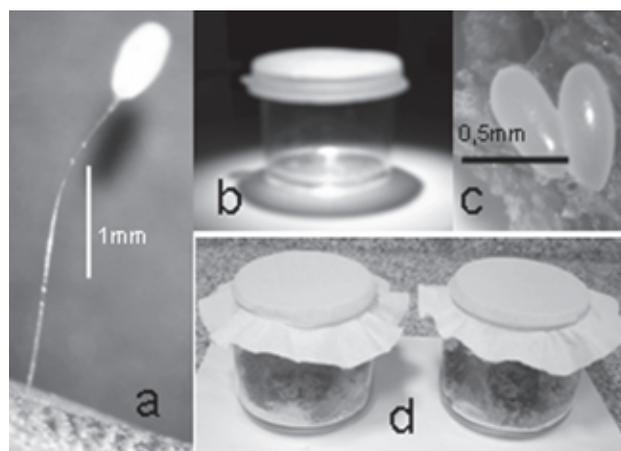


Figura 1: Cría de larvas de crisópidos hasta adultos: a: huevo de *Chrysoperla asoralis*, b: recipiente para la cría de las larvas, c: huevos de *U. dermestoides*, d: frascos de cría de *U. dermestoides*. (Foto: Redolfi, diciembre 2011).

Los adultos (Figura 2) fueron acondicionados en cajas entomológicas para la determinación taxonómica por el Dr. Enrique González Olazo, en la Fundación Miguel Lillo de Tucumán. Los especímenes fueron depositados en las colecciones entomológicas del CENIIT.

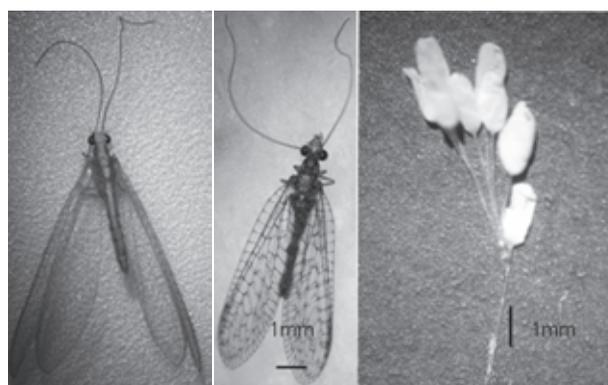


Figura 2: *Chrysoperla asoralis* y *Ungla binaria* (adulto y huevos) (Foto: Redolfi, diciembre, 2011)

## Resultados y discusión

### Diversidad específica de Chrysopidae en cultivo de olivo

Se determinó un total de seis especies de crisópidos en el olivo, en el departamento capital de La Rioja: *Ceraeochrysa claveri* Navás, *Chrysoperla asoralis* (Banks), *C. argentina* González Olazo & Reguilón, *C. externa* (Hagen), *Ungla argentina* (Navás) y *U. binaria* (Navás). Se han citado solo dos especies de crisópidos en el cultivo del olivo en La Rioja: *C. argentina* y *C. externa* (González Olazo & Reguilón, 2002; Oswald, 2003; Monserrat y De Freitas, 2005; González Olazo *et al.*, 2009; Reguilón, 2010). Son nuevas citas para La Rioja y para el cultivo del olivo: *C. asoralis*, *C. claveri*, *U. argentina* y *U. binaria*.

Estos resultados podrían significar un rol de importancia de las especies de Chrysopidae, en el control biológico en el cultivo del olivo en La Rioja.

Mediante observación en campo, se comprobó la predación por larvas de crisópidos, atacando estadios inmaduros y estado maduro de las cochinillas *Parlatoria oleae* y *Hemiberlesia latastei*, así como ninfas y huevos de la mosca blanca del fresno *Siphoninus phillyreae*.

Datos biológicos de crisópidos relacionados al cultivo del olivo

Los adultos presentan actividad nocturna y son atraídos por las luces del ecosistema urbano. Durante las horas de luz, los adultos permanecen principalmente en el envés de las hojas del olivo, con preferencia en la orientación N-E del árbol del olivo.

También pueden estar en la cubierta vegetal del suelo. Las especies de *Chrysoperla* colocan los huevos de manera individual principalmente en las hojas, tanto en el haz como en el envés, ocasionalmente pueden encontrarse huevos en los frutos y en el tronco del árbol. Redolfi y Campos (2011), determinaron la preferencia de *Chrysoperla spp.* al colocar los huevos en las hojas de olivo del cultivar Frantoio, en relación con otros tres cultivares: Arauco, Arbequina y Manzanilla. Además mencionan el mismo número de huevos en el haz en relación con el envés. Se observó huevos de *Ungla spp.* dispuestos en racimos de 9 a 16 huevos, sostenidos por un pedúnculo adherido a los troncos del olivo (Figura 2). Las especies de *Ungla* tienen preferencia por el tronco y ramas mayores del cultivar Frantoio. En los troncos con huevos de *Ungla spp.*, se observaron larvas y puparios, lo que hace suponer que las especies de este género tienen su nicho ecológico en el tronco y ramas principales del árbol. Posiblemente, las especies de *Ungla*, así como las arañas, ataquen a huevos y larvas de mosca blanca ubicadas principalmente en las hojas de los brotes centrales del árbol, en el ápice del tronco. (Tabla 1).

Clave para la determinación de los géneros y especies de Chrysopidae presentes en el cultivo del olivo en la Plaza Solar, La Rioja (Argentina)	
1 - Vértex con o sin una mancha semilunar oscura abierta hacia atrás; venación oscura o verde; tignum en el ♂ ausente;.....	2
1b- Vértex sin una mancha semilunar; venación verde o parda; tignum del ♂ presente;.....	4
<i>Chrysoperla</i> (Steinmann, 1964)	
2- Adultos con una banda longitudinal oscura en el escapo; cabeza amarilla, claramente contrastante con el pronoto verde; venación verde; .....	<i>Ceraeochrysa claveri</i> (Navás, 1911)
2b- Adultos sin banda longitudinal en el escapo; vértex con una marca semilunar oscura; venación oscura, venillas subestigmatales muy marcadas.....	3
<i>Ungla</i> Navás, 1914	
3- Gonarcus estrecho y con una larga proyección frontal del brazo del gonarcus.....	<i>Ungla binaria</i> (Navás)
3b- Gonarcus largo, proyección frontal del brazo del gonarcus expandido corta.....	<i>Ungla argentina</i> (Navás)
4 - Venillas gradadas del ala anterior negras.....	<i>Chrysoperla asoralis</i> Banks, 1915
4b- Venillas gradadas del ala anterior verdes.....	5
<i>Chrysoperla externa</i> (Hagen, 1861)	
5- Genas rojas.....	<i>Chrysoperla externa</i> (Hagen, 1861)
5b- Genas castaño oscuro.....	<i>Chrysoperla argentina</i> González Olazo y Reguilón, 2002

Tabla 1: Clave para la determinación de los géneros y especies de Chrysopidae presentes en el cultivo del olivo en la Plaza Solar, La Rioja (Argentina)

Las especies más abundantes fueron *C. asoralis* (n=9) y *C. argentina* (n=6), el resto de especies presentó un bajo número de especímenes (n=2 y n=1) (Gráfico 1). El escaso número de especímenes adultos podría estar relacionado con la época de colecta (otoño-invierno) y con la dificultad de coleccionar los adultos en el árbol, debido a su comportamiento con desplazamiento nocturno y en refugios en las horas de luz.

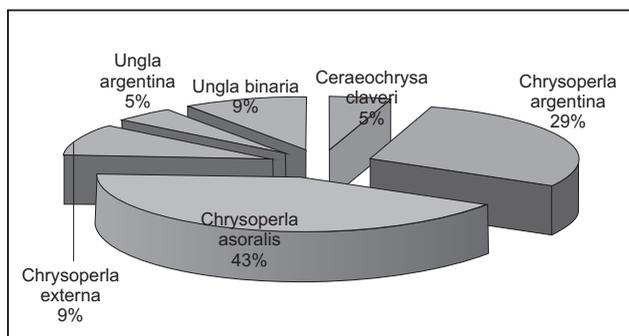


Gráfico 1: diversidad específica de Chrysopidae en olivo en La Rioja

En laboratorio se realizó la cría de huevos hasta adulto de cuatro especies: *C. claveri* (n=1), *C. argentina* (n=3), *C. asoralis* (n=5) y *C. externa* (n=1). La cría de las larvas utilizando huevos y larvas de *U. dermestoides*, tuvo un 100% de adultos.

El huésped alternativo utilizado por primera vez en la cría de las larvas de crisópidos, podría ser de interés en investigación taxonómica.

### Agradecimientos

Al CENIIT y a la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de La Rioja por financiar el presente proyecto. A la Fundación Miguel Lillo por la determinación de las especies de crisópidos.

### Referencias

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. y L. Rallo. (Eds.). 2008. El cultivo del olivo. 6ta. Ed. Ediciones Mundi Prensa. Junta de Andalucía. España. 846pp.

Blanco, L.; Biurrun, F. y C. Ferrando. 2005. Niveles de degradación de la vegetación del chaco árido. Una aproximación cuantitativa a partir de imágenes satelitales. EEA. La Rioja. INTA. 12pp.

Brooks, S.J. and P.C. Barnard. 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). Bulletin of the British Museum Natural History (Entomology) 59: 117-286.

Callela, H.F. & R.F. Corzo. (Eds.). 2006. El Chaco árido de La Rioja. Vegetación y suelo. Pastizales naturales. INTA, Buenos Aires: 45-53.

Campos, M. 1976. Contribución al estudio de la entomofauna del olivo en España. Observaciones bioecológicas sobre *Prays oleae* Bern. (Lep., Hyponomeutidae). Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España.

Costa Neto, E. y J. Ramos-Elorduy. 2006. Los insectos comestibles de Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. (38): 423-442.

De Freitas, S. and N.D. Penny. 2001. The green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. Proc. Calif. Acad. Sci. 52: 245-395.

De Freitas, S. 2007. Ocorrência de *Ungla* Navás (Neuroptera, Chrysopidae) no Brasil e descrição de nova espécie. Rev. Bras. Entomol. 51 (4). 5p. <http://dx.doi.org/10.1590/50085-56262007000400004>. (consulta: octubre, 2011)

González Olazo, E.V. y C. Reguilón. 2002. Una nueva especie de *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae) para la Argentina. Rev. Soc. Entomol. Argent. 61(1-2): 47-50.

González Olazo, E.; Lanati, S. y F. Heredia. 2009. Morfología y datos biológicos de los estados preimaginales de *Chrysoperla asoralis* (Neuroptera: Chrysopidae). Acta Zoológica Lilloana. 53(1-2): 21-28.

Monserrat, V.J. y S. De Freitas. 2005. Contribución al conocimiento de los crisópidos de Coquimbo, Patagonia y Tierra del Fuego (Argentina, Chile) (Insecta, Neuroptera, Chrysopidae). Graellsia. 16: 163-179.

New, T.R. 1975. The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. Tran. Roy. Entomol. Soc. Lond. 127: 115-140.

New, T.R. 2001. Introduction to the systematics and distribution of Coniptyrigidae, Hemerobiidae, and Chrysopidae used in pest management.: 6-28. In: P.McEwen, New, T.R., and Whittington A.E. (Eds.) Lacewings in the Crop Environment. Cambridge University.

Oswald, D.J. 2003. Bibliography of the Neuropterida. A working bibliography of the Literature on Extant and Fossil Neuroptera, Megaloptera, and Raphidioptera (Insecta: Neuropterida) of the world. <http://insects.tam.edu/research/neuropterida/bibhome.htm> (Consulta: junio, 2011)

Redolfi, I. y M. Campos. 2011. Distribución espacial de posturas de controladores biológicos “crisópidos” Neuroptera, en cuatro variedades de olivo en La Rioja. UNLaR Ciencia (en prensa).

Reguilón, C. 2010. Morfología de los estados inmaduros y ciclo biológico de *Ungla binaria* (Neuroptera; Chrysopidae). *Acta zoológica Lilloana*. 54 (1-2):78-86.

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). [www.sinavimo.gov.ar/cultivo/olivo](http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/olivo). (Consulta: abril 2011).

Valencia Luna, L.A.; Romero Nápoles, J.; Valdez Carrasco, J.; Carrillo Sánchez, J.L. y V. López Martínez. 2006. Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 22 (001): 17-61.

## Diseño de oligonucleótidos que reconocen específicamente el virus de la Hepatitis B.

Romero, N. (1)

### Design of oligonucleotides for the detection Hepatitis B virus.

---

#### Abstract

Hepatitis B is a liver infection caused by the potentially deadly Hepatitis B virus (HBV). About 600 000 people die each year from the serious consequences of HBV. HBV has a partially double-stranded DNA, semicircular, enveloped belonging to the family Hepadnaviridae.

The use of virological tests in the study of Hepatitis B has become an essential tool for the diagnosis, the guideline for treatment decisions and to evaluate the response to antiviral treatment. The objective was to develop new primers to identify specifically the Hepatitis B virus, using the technique of chain reaction (PCR).

DNA was obtained from different sera, five negative and five positive for the virus, checked by virological tests that recognize the surface antigen and IgM anticore. From the complete sequence of the virus obtained from the NCBI database (National Center for Biotechnology Information) designed a pair of oligonucleotides, which allowed amplify a fragment of the viral genome of 630 bp. The fragment was sequenced in both directions coincide with the published sequence for the VHB.

**Key word:** Virus, Hepatitis B, Oligonucleotides, PCR

---

#### Resumen

La Hepatitis B es una infección hepática potencialmente mortal causada por el virus de la Hepatitis B (VHB). Alrededor de 600.000 personas mueren cada año por las consecuencias graves del VHB. El VHB posee un DNA de doble hebra parcial, semicircular, con envoltura y pertenece a la familia Hepadnaviridae. El uso de tests virológicos en el estudio de la Hepatitis B se ha convertido en una herramienta esencial para el diagnóstico, el lineamiento de las decisiones terapéuticas y para la evaluación de la respuesta al tratamiento antiviral.

El objetivo del trabajo fue desarrollar nuevos oligonucleótidos que permitan identificar específicamente el virus de la Hepatitis B, utilizando la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Se obtuvo el ADN a partir de diferentes sueros, cinco negativos y cinco positivos para el virus, chequeados por test virológicos que reconocen el antígeno de superficie y el anticore IgM. A partir de la secuencia completa del virus obtenida de las base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology Information) se diseñó un par de oligonucleótidos, que permitió amplificar un fragmento del genoma del virus de 630 pb. El fragmento fue secuenciado en ambos sentidos mostrando una homología total, con la secuencia publicada para el VHB.

**Palabras clave:** Virus, Hepatitis B, Oligonucleótidos, PCR.

---

(1) Laboratorio de Nanodiagnóstico. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT). Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR). Av. Luis Vernet y Apóstol Felipe. La Rioja (5300). Te: 03822-433843 nahuelromero@yahoo.com.ar

## Introducción

La Hepatitis B es una infección vírica del hígado que puede producir una enfermedad crónica grave. Constituye un importante problema de salud mundial y es el tipo más grave de Hepatitis vírica. Puede causar hepatopatía crónica y conlleva un alto riesgo de muerte por cirrosis y cáncer hepático.

El virus de la Hepatitis B (VHB) se transmite por contacto con la sangre u otros líquidos corporales de una persona infectada. El VHB es unas 50 a 100 veces más infeccioso que el VIH (virus del sida) y representa un importante riesgo laboral para los profesionales sanitarios (WHO, 2008).

El virus de la Hepatitis B es un virus envuelto, de 40-42 nm de diámetro con un core central. Su material genético es una cadena parcialmente doble de DNA (Ganem and Prince, 2004). El uso de tests virológicos en el estudio de las Hepatitis virales se ha convertido en una herramienta esencial para el diagnóstico, el lineamiento de las decisiones terapéuticas y para la evaluación de la respuesta al tratamiento antiviral.

Los tests virológicos se pueden dividir en dos grandes aproximaciones: a) tests serológicos (marcadores serológicos) para el estudio de anticuerpos y/o antígenos y b) tests moleculares para el estudio cualitativo y/o cuantitativo del RNA o DNA viral y su tipificación (Wright, 2006). A las seis semanas después de la infección viral se detectan los marcadores serológicos: HBsAg (proteína codificadas en el DNA viral, localizadas en la superficie de la envoltura del virus) y marcadores de replicación viral activa: HBeAg (proteína que ancla el DNA viral a la cápside) (Singh et al., 2007). El lapso que transcurre entre la infección y la aparición de los marcadores serológicos se denomina "período ventana serológico" y varía según la sensibilidad de los equipos utilizados para detectarlos.

En el caso de la Hepatitis B puede durar hasta seis semanas (Qiu et al., 2010). Esto representa un grave peligro para los bancos de donación de sangre, ya que un suero infectado antes de las seis semanas dará por las técnicas serológicas negativo, siendo que en realidad posee el virus.

Las transfusiones pueden ser un medio de contagio de virus que producen graves enfermedades. Por esto, mientras los hospitales y sanatorios realizan estrictos controles sobre la sangre de los donantes, la ciencia busca aportar métodos cada vez más efectivos para detectar agentes patógenos.

En este sentido se diseñaron nuevos oligonucleótidos que reconocen específicamente el material genético del virus de la Hepatitis B, esto permite detectar directamente el virus de 24 a 48 hs post-infección y poder desarrollar en un futuro nuevas técnicas, conjugando a estos oligonucleótidos Nanomarcadores, como sistemas de detección.

## Materiales y métodos

**Extracción de ADN:** Se utilizó 5ml de sangre total de cada muestra y se agregó 2 ml de solución de Lisis (NaCl 0,14 M, acetato de magnesio 1,5 mM, KCl 5 mM y dodecil sulfato sódico al 1%) y 2 ml de FCI (25:24:1 partes de fenol/cloroforno/isoamilico cada uno respectivamente). Se agitó vigorosamente durante 15 segundos y posteriormente se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos. Luego de la fase acuosa se extrajeron 2 ml y se le agregaron 0,2 ml de acetato sódico 3 M, homogenizando suavemente por inversión. Se añadieron 5 ml de etanol absoluto, centrifugando a 3500rpm durante 10 minutos. Se descartó el sobrenadante por inversión y una vez escurrido el sobrenadante se agregó 100 ul de TE pH 7,5, durante 24hs en la estufa a 37°C.

### Diagnóstico Serológico

Los diagnósticos se realizaron por test serológicos que reconocen el antígeno de superficie y el anticore IgM, utilizando para ello la técnica de inmunoanálisis enzimático de micropartículas (Engvall and Perlman, 1971) a través del sistema IMX (ABBOTT Diagnostics Division).

### Reacción de PCR

Las amplificaciones se realizaron en un termociclador PTC-100, MJ Research, programado de la siguiente manera: 1 ciclo de desnaturalización inicial de 94 °C por 5 minutos, 40 ciclos de 94 °C por 45 segundos, 53 °C por 60 segundos y 72 °C por 90 segundos. Finalmente 1 ciclo extensión final a 72 °C por 7 minutos.

La composición de la reacción de PCR fue de 20 µl determinada por: 1X de Buffer Green GoTaq™ ADN polimerasa (Promega), 2 mM de MgCl<sub>2</sub> (Promega), 100 µM de una mezcla de dNTPs (Promega), 0,2 µM de cada oligonucleótido, 0,05 U/µl de GoTaq™ Polimerasa (Promega), 30 ng de ADN y agua ultrapura (GIBCO). Los oligonucleótidos fueron sintetizados por Biodynamics S.R.L (Argentina).

Los productos de amplificación se resolvieron por electroforesis a 90 voltios durante 1 hora 35 minutos en geles al 1,2 % de agarosa D1-LE (Biodynamics) preparados con TBE (13.5 g Tris Base; 5.5 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 4 ml de 0.5 M de EDTA pH 8). Una vez concluida esta etapa, el gel fue fotografiado con un equipo de fotodocumentación dotado con un transiluminador UV (Gel Doc 100 Gel Documentation System, Bio-Rad) y cuya imagen fue digitalizada para su posterior análisis con un programa de análisis molecular (Molecular Analysis de BIO-RAD). Los secuenciamientos se realizaron en ambas hebras de ADN (Magrogen).

## Resultados

### Diseño de los oligonucleótidos específicos para el VHB

Utilizando la base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology Information- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) se extrajo la secuencia completa del virus de la Hepatitis B (Número de acceso: X60213.1) y sus diferentes variantes genotípicas (A, B, C, D, E, F y G).

Las siete variantes se alinearon utilizando el Software BioEdit (Hall, 2007) y MEGA4 (Tamura et al., 2007). Se seleccionó una región de 2500 pb que comparten todas las variantes genotípicas y de esa región se diseñó un par de oligonucleótidos (Tabla 1) para ser utilizados en la reacción de PCR.

### Detección del VHB en sueros humanos por PCR

Se utilizaron los oligonucleótidos para amplificar por PCR un fragmento de 630 pb del virus de la Hepatitis B (VHB). Para esto se utilizaron 10 sueros de diferentes pacientes, 5 negativos y 5 positivos para el VHB. Las determinaciones del virus se realizaron por test virológicos que reconocen el antígeno de superficie y el anticore IgM. Cada suero fue analizado por separado y posteriormente los cinco sueros negativos se unificaron para descartar cualquier reacción cruzada no específica, en tanto los positivos se analizaron por separado para tener una aproximación de la sensibilidad de la técnica (Fig. 1). El fragmento amplificado de los cinco sueros positivos fue purificado y enviados a secuenciar. Posteriormente la secuencia se alineó con la existente en la Base de Datos: Basic Local Alignment Search Tool (BLAST- <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) y se obtuvo un 100% de homología con el genoma del virus de la Hepatitis B, mostrando que los oligonucleótidos diseñados eran altamente específicos.

## Discusión

Cada año el virus de la Hepatitis B (VHB) infecta de 10 a 30 millones de personas en todo el mundo. La mayoría son niños y adolescentes.

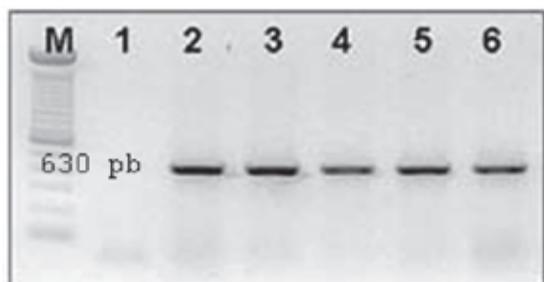


Fig.1- Fragmento amplificado en gel de agarosa 1% con la secuencia de 630pb. M: marcador de peso molecular, 1: Sueros negativos, 2-6: Sueros positivos para el VHB.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS 2008), cerca de un tercio de la población mundial – alrededor de 2 mil millones de personas – han estado expuestas al virus de la Hepatitis B (VHB) a través del contacto con sangre o con fluidos orgánicos infectados.

Dichas infecciones pueden ocurrir durante el parto, al compartir agujas infectadas o por transfusiones de sangre infectada. De acuerdo con el Comité Consultivo acerca de Prácticas de Inmunización de los Centros Nacionales para el Control y la Prevención de Enfermedades (NIH-E.E.U.U.), entre el 20 y 35 por ciento de las personas infectadas durante su infancia padecerán hepatopatías graves, la mayoría durante su adultez.

La OMS estima que la Hepatitis B causa la muerte de 1.3 a 1.5 millones de niños y adultos por año en todo el mundo.

Las técnicas que se utilizan actualmente en los bancos de donación y trasfusión de sangre, son técnicas indirectas, es decir no determinan directamente al virus o bacteria, sino que detectan los anticuerpos que estos generan en el organismo. Esto tiene un gravísimo problema que es el llamado “período ventana”. Es decir que hasta pasadas las seis semanas de la infección, no empiezan a detectarse estos anticuerpos en sangre. Este “período ventana” que incluso en algunos pacientes puede ser de mayor tiempo, representa un grave peligro ya que pueden catalogarse sueros negativos cuando en realidad están infectados con algún virus o bacteria y con el consiguiente contagio para la persona receptora de esa sangre.

La técnica de PCR (Reacción en cadena de la Polímera) es una técnica basada en Biología Molecular y que permite detectar directamente el virus o bacteria, desde las 24 o 48 hs de ingresar al organismo, ya que reconoce su material genético.

Tiene la desventaja de ser una técnica muy costosa, requiere de equipos especiales y un laboratorio con equipamiento para trabajar en Biología Molecular, todos estos aspectos económicos y técnicos hacen que en los países en vías de desarrollo no se utilice como técnica de rutina y se siga empleando las técnicas indirectas.

Olinucleótido	Secuencia
Cebador hacia delante	5' GTG GTG GAC TTC TCT CAA TTT TC 3'
Cebador reverso	5' CGG TAT AAA GGG ACT CAA GAT 3'

Tabla 1- Secuencia de los oligonucleótidos que reconocen específicamente un fragmento de 630 pb del virus de la Hepatitis B (VHB).

La Línea de investigación en Nanodiagnóstico de enfermedades Infecciosas que se lleva adelante en el Centro de investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT-UNLaR), permitirá poder tener mayor sensibilidad y especificidad que la técnica de PCR, reduciendo enormemente los costos y requerimientos técnicos al punto que se puedan realizar en cualquier centro de atención de la salud primario o en zonas rurales, con equipos portátiles.

Esta tecnología podría ser aplicada en las técnicas futuristas de “pruebas cerca del paciente” (point-of-care, POCT-National Academy of Clinical Biochemistry) (Nichols 2007) y en tecnología de lab-on-chip, el laboratorio en un chip (Chen and Lindner 2009; Technology Review).

### Agradecimientos

El proyecto fue financiado en su totalidad por el Programa “Estancias Científicas UNLaR 2011-2012”. Agradezco a las máximas Autoridades de la Universidad Nacional de La Rioja, Prof. Dr. Enrique Daniel Nicolás Tello Rondán y Prof. Dr. Sergio Eduardo Martín por incentivar y apoyar el desarrollo Científico y Tecnológico. Agradezco el permanente apoyo y seguimiento recibido por parte de la Sra. Secretaria de Ciencia y Técnica, Prof. Ing. Claudia Santander, por el Director del CENIIT, Prof. Ing. Víctor Abelardo Rodríguez y el Secretario Técnico del CENIIT, Prof. Mg. Ing. Oscar Ángel Peñaloza. Agradezco a la Dra. Inés Redolfi y al Ing. Mg. German Pratt por sus sugerencias en la escritura del trabajo.

### Referencias

Basic Local Alignment Search Tool (BLAST). <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>

Chen Jane and Lindner Erno. 2009. Lab-on-Chip Flow Injection Analysis System without an External Pump and Valves and Integrated with an In Line Electrochemical Detector. *Anal. Chem.* 24: 9955-9960.

Engvall, E.; Perlman P. 1971. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochem* 8 (9): 871-874.

Ganem, D.; Prince, A. 2004. Hepatitis B virus infection-natural history and clinical consequences. *New England Journal of Medicine* 350: 1118-1124.

Hall, T. 2007. Ibis Biosciences A subsidiary of Abbott Molecular 2251 Faraday Avenue. Carlsbad, CA 92008 760-476-3375.

Qiu, L.; Binns, C.W.; Zhao, Y.; Zhang, K.; Xie, X. 2010. Hepatitis B and breastfeeding in Hangzhou, Zhejiang Province, People's Republic of China. *Breastfeed Med* 5: 109-112.

National Academy of Clinical Biochemistry. [http://wn.com/National\\_Academy\\_of\\_Clinical\\_Biochemistry](http://wn.com/National_Academy_of_Clinical_Biochemistry).

National Center for Biotechnology Information (NCBI). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

Nichols, J.H. 2007. Point of care testing. *Clin Lab Med* 27:893-908.

Singh, R.; Kaul, R.; Kaul, A.; Khan, K. 2007. A comparative review of HLA associations with Hepatitis B and C viral infections across global populations. *World journal of gastroenterology* 13:1770.

Tamura, K.; Dudley, J.; Nei, M.; Kumar, S. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol Biol Evol* 24: 1596-9.

Technology Review. <http://www.technologyreview.com>

Wright, T.L. 2006. Introduction to Chronic Hepatitis B Infection. *The American Journal of Gastroenterology* 101: S1-S6.

WHO 2008. World Health Organization. Hepatitis B. World Health Organization Fact Sheet No. 204.



MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA RIOJA

## HOSPITAL ESCUELA Y DE CLÍNICAS "VIRGEN MARÍA DE FÁTIMA"

### **Servicio de Guardia, Urgencia y Emergencia:**

Con funcionamiento las 24 hs. durante los 365 días del año, atiende gratuitamente Consultas Médicas en las Áreas de Enfermería, Pediatría, Clínica Médica y Radiología. Esta sección ha incorporado recientemente, Servicio de Trauma Shock, con atención Terapéutica de Alta Complejidad.

### **Servicio de Internación:**

Su diversificada capacidad y aptitud funcional permiten la internación de 86 Pacientes, en Habitaciones Comunes y/o Especiales, según los más exigentes Protocolos de Atención.

### **Servicios Médicos Ambulatorios:**

Su horario de Atención al público es de lunes a viernes de 08:00 a 20:00 hs. conforme Turnos otorgados en Admisión Central.

### **ÁREA CLÍNICA MÉDICA**

#### **Servicio de Clínica Médica:**

Atendida exclusivamente por destacados Profesionales, Docentes Universitarios, con apoyatura tecnológica-médica de última generación.

#### **Unidad de Terapia Intensiva:**

Brinda a pacientes en estado crítico de Salud, un monitoreo integral de todos sus signos vitales. Esta Área cuenta con aparatología especializada y específica para cada Patología.

#### **Servicio de Infectología:**

Se dedica al estudio y tratamiento de las enfermedades producidas por agentes infecciosos. En íntima vinculación con el Laboratorio de Biología Molecular, y el Laboratorio de Análisis Clínicos, permite el diagnóstico rápido de aquellas infecciones cuyo agente causal no puede ser aislado por las técnicas tradicionales.

#### **Servicio de Nutrición:**

Esta área efectúa diversas prestaciones orientadas a brindar Apoyo nutricional, en casos de Desórdenes de la alimentación. Este Servicio trabaja en dos modalidades principales: en consultorios externos con turnos programados y en la atención a los pacientes internados en el Hospital.

#### **Servicio de Neurología:**

Integrado por destacados Profesionales, brinda atención a pacientes portadores de afecciones neurológicas que requieran un alto nivel de especialización.

Este Servicio trabaja en conjunto con otras especialidades del Hospital, conformándose así equipos multidisciplinarios abocados al estudio y tratamiento de un amplio espectro de enfermedades.

### **ÁREA DE CIRUGÍA**

#### **Servicio de Cirugía General:**

Integrado por Recursos Humanos Calificados, este Servicio posee dos quirófanos multifuncionales, completamente equipados con tecnología de avanzada. En ellos pueden realizarse operaciones sencillas, y cirugías de mediana y alta complejidad.

#### **Servicio de Urología:**

Se ocupa del estudio, diagnóstico y tratamiento de las afecciones médicas y quirúrgicas del aparato urinario en ambos sexos y del aparato genital masculino, sin límite de edad, motivadas por padecimientos congénitos, traumáticos, infecciosos, metabólicos, obstructivos y oncológicos.

Se destaca en su equipamiento el Litotriptor con tecnología electromagnética que podrá brindar servicios en patologías urológicas.

#### **Servicio de Traumatología:**

Atiende a pacientes cuyas patologías afectan huesos, músculos y tendones; destacando fracturas, lesiones traumáticas y luxaciones. Efectúa prácticas de recuperación a pacientes con enfermedades congénitas y del desarrollo. Por su inherencia con las otras áreas, trabaja en vinculación constante con el Servicio de Radiología, de Kinesiología y de Ortesis y Prótesis.

#### **Servicio de Neurocirugía:**

Conformado por Académicos, que cuentan con una reconocida experiencia en los distintos tipos de intervenciones, posee una moderna infraestructura y un equipamiento de avanzada tecnología que permiten realizar tratamientos y cirugías de alta y mínima invasividad.

### **ÁREA DE DIAGNÓSTICOS**

#### **Servicio de Diagnóstico por Imágenes:**

Provee estudios de Diagnóstico por Imágenes de alta y baja complejidad, con tecnología de punta que brinda una excelente calidad de atención al paciente. Incluye las siguientes prácticas: Tomografía Axial Computada, Resonancia Magnética Nuclear, Densitometría, Ecografía General y Ginecológica, Mamografía y Radiología.

### **Servicio de Laboratorio:**

Este Nosocomio se integra con los Laboratorios de Análisis Clínicos, de Biología Molecular, y de Microbiología. Los mismos permiten la realización y determinación de ensayos y análisis de diferentes muestras biológicas. Ello se complementa con el estudio y realización de análisis químicos, destinados al entendimiento de las interacciones de los diferentes sistemas de la célula.

#### **Servicio de Anatomía Patológica:**

Desarrolla una gran actividad asistencial, académica, y científica. Se destaca por la incorporación de tecnología de punta para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de las diversas patologías, convirtiendo este Nosocomio en el Centro de Estudios Histopatológicos más moderno de la Provincia.

#### **Servicio de Odontología:**

Integrado por Profesionales altamente especializados, que brindan múltiples asistencias buco-dentales a toda la comunidad riojana mediante el empleo de destrezas y equipamientos de máxima calidad.

### **ÁREA DE SALUD MENTAL**

#### **Servicio de Salud Mental:**

Conformado por Docentes provenientes de la Psicología, la Psicopedagogía, la Psiquiatría, la Fonoaudiología y la Terapia Ocupacional, este Servicio se orienta a la resolución del Conflicto y la estabilización del Paciente de manera integral y armónica.

### **ÁREA NIÑO Y MADRE**

#### **Servicio de Ginecología:**

Brinda atención en las áreas de prevención y diagnóstico precoz de patologías ginecológicas; indicando el diagnóstico y el plan de tratamiento de las pacientes que acuden al consultorio externo; efectúa también, prácticas quirúrgicas ambulatorias mínimamente invasivas y prácticas quirúrgicas que requieren internación.

#### **Servicio de Neonatología:**

Esta Área que tendrá pleno funcionamiento en el próximo mes de abril, estará destinada a la resolución de los problemas adaptativos de los recién nacidos sanos y enfermos con una escala de complejidad creciente, desde el auto cuidado a la terapia intensiva.

### **Servicio de Pediatría:**

Posee Consultorios Internos y en la Guardia Central, y centra su atención en la Salud Integral de la Madre y del Niño, brindando una mejor prevención para aquellas patologías crónico-degenerativas de la vida adulta que ya tienen su origen en la época pediátrica.

### **ÁREA QUIRÚRGICA**

#### **Servicio de Gastroenterología:**

Con Docentes de reconocida trayectoria en la especialidad, su Área de Cirugías y Endoscopias Digestivas, dotada de equipamiento, adquirido en el presente año 2012, efectúa detecciones patológicas y cirugías endoscópicas mínimamente invasivas y de alta complejidad.

#### **Servicio de Oftalmología:**

Conformado por Docentes y provisto de instalaciones completamente equipadas con todos los recursos necesarios para garantizar un buen diagnóstico, graduación, tratamiento y consejo.

#### **Servicio de Otorrinolaringología:**

Brinda una esmerada y jerarquizada atención, en distintos problemas de la Especialidad. Posee un plantel de profesionales de destacada actuación en las Áreas Médica, Fonoaudiológicas y de Enfermería Especializada.

#### **Servicio de Nefrología:**

Provisto de un equipamiento altamente especializado, este Servicio efectúa el estudio morfológico y funcional del riñón, tanto en condiciones normales como patológicas.

#### **Servicio de Oncología:**

Su intervención en el proceso oncológico se lleva a cabo desde la orientación diagnóstica, el tratamiento médico o combinado con Cirugía y/o Radioterapia y la terapia de apoyo.

#### **Servicio de Cardiología:**

Está dotado con equipos de alta tecnología y personal calificado. Efectúa prácticas de ergometría, esenciales para el diagnóstico, control y evaluación funcional de la cardiopatía coronaria y de otras cardiopatías.

El Angiógrafo recientemente incorporado permite la detección de patologías que afectan las arterias coronarias y periféricas, y malformaciones vasculares arteriovenosas.

\* Todas las Consultas son de carácter Gratuito. Consultar precios por Prácticas (Internación, Terapias, etc.)

\* También se atiende a Afiliados de Obras Sociales, según Convenios.



"UNLAR: EXCELENCIA ACADÉMICA, PARA LA BUENA SALUD"

Av. Luis Vernet esq. Av. Ortiz de Ocampo / C.P. 5300 La Rioja - República Argentina  
Tel.: +54 3822 457200 / servicioshospital@unlar.edu.ar

## NORMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA PUBLICAR EN LA REVISTA DE CIENCIA DE LA UNLAR

### 1 - NORMAS DE PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

**1.1:** Los autores interesados en publicar artículos en la revista de Ciencia de la Universidad Nacional de La Rioja, deberán enviar sus trabajos de acuerdo con las normas que se estipulan más abajo. Cabe indicar, que teniendo en cuenta las diversas disciplinas que se desarrollan en la Universidad, se considerarán las siguientes líneas de investigación:

1. de las Ciencias Exactas y Naturales
2. de las Ciencias Biológicas y de la Salud
3. de las Ciencias Sociales y Humanidades
4. de las Ciencias Agrarias, de la Ingeniería y de los materiales.

**1.2:** A efectos de su publicación, los trabajos presentados serán sometidos, en una primera instancia, a evaluación por parte del Comité Editorial, el cual se integrará con reconocidos especialistas en los distintos temas.

**1.3:** Los artículos sometidos para publicación no deberán tener "Derechos de Autor" otorgados a terceros, a la fecha de envío del artículo. En caso contrario, el autor deberá gestionar, ante quien corresponda, la autorización por escrito para su nueva publicación en la Revista de la Universidad Nacional de La Rioja. Cuando el artículo se acepte para la publicación, y si los autores están de acuerdo, el derecho de propiedad literaria es transferido a la revista UNLAR Ciencia.

**1.4:** Los conceptos y opiniones vertidos en los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores.

**1.5:** El Comité Editorial se reserva el derecho de realizar modificaciones menores de edición; rechazar el trabajo por no ajustarse a las áreas involucradas, o por no cumplir las normas establecidas, en la etapa de evaluación y publicación; devolver el trabajo al autor, a efectos de su corrección y/o adecuación.

### 2. NORMAS GENERALES DE PRESENTACIÓN PARA LA EVALUACIÓN

#### 2.1 GENERALIDADES

**2.1.1:** Se recomienda que el trabajo completo tenga entre 4 y 12 páginas, incluyendo el resumen, la introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, tablas y figuras, conclusiones, referencias y agradecimientos.

**2.1.2:** El formato obligatorio es A4 a espacio simple entre líneas de texto y dejando un espacio adicional entre párrafos y entre subtítulo. Se deben dejar márgenes de 2 cm en todos los lados de la página, sin sangría en la primera línea.

**2.1.3:** Se deberá usar la letra de tamaño 10 (diez) y un solo tipo de letra, la Times New Roman, en todo el artículo. La escritura deberá hacerse sobre un solo lado de la hoja y cada una de las páginas deberá ser numerada al pie.

**2.1.4:** El título deberá estar en mayúscula la primera letra, centrado en la página y separado por doble espacio del texto subsiguiente. Los encabezamientos (títulos) de primer orden deberán estar a la izquierda, en mayúsculas la primera letra y en negritas, separados por un espacio del párrafo anterior y del posterior. Los encabezamientos (títulos) de segundo orden deberán estar a la izquierda, en líneas separadas del texto, comenzando con la primera letra en mayúscula y sin negrita.

**2.1.5:** Los archivos deben ser enviados en Word. Las figuras, tablas, gráficos y fotos irán insertas en el archivo y adjuntas al archivo original de los mismos con el envío del material (si está armado en Corel Draw salvarlo para Adobe Illustrator con la extensión ".ai" para poderlo procesar para imprenta. Si es fotografía escanearla al tamaño de 10x10 cm y con resolución de 300 dpi en blanco y negro, salvarla con extensión ".JPG" y adjuntar dicho archivo al enviar el trabajo.

#### 2.2. CONTENIDO DEL TRABAJO

**2.2.1:** Los artículos se organizarán en el siguiente orden sucesivo:

**Título:** deberá ser breve, conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo; escrito en letra Times New Roman y en tamaño 14, dejando un espacio simple entre el título y el/los autor/es.

**Autor:** se incluirán apellido/s completo/s nombres. Deberá ser escrito en letra Times New Roman y en tamaño 10, dejando un espacio simple entre el autor y la dirección.

**Dirección:** debajo de los autores se indicará la institución a la que pertenecen o dónde fue llevado a cabo el trabajo. Deberá ser escrita en letra Times New Roman y en tamaño 8. Si los autores pertenecen a distintas instituciones, luego de los nombres de cada uno se colocará un número entre paréntesis y se indicarán con esta referencia las instituciones y sus respectivas direcciones postales y electrónicas.

**Título en inglés:** consistirá en una traducción representativa del título en Español.

**Abstract:** todos los artículos deberán poseer un abstract en inglés que sea una condensación de las ideas esenciales y los resultados del trabajo. No deberá ser mayor de doscientas palabras tamaño 10.

**Key Words:** en inglés. Debe poder publicarse sólo en bases de datos (separados del trabajo) y dar clara idea del mismo. Se incluirá un máximo de cuatro palabras claves.

**Resumen:** ídem al abstract, pero en idioma español.

**Palabras claves:** ídem Key words, pero en idioma español.

**Introducción:** se presentará claramente el tema a tratar, haciendo solamente referencia a los antecedentes de interés.

**Materiales y Métodos:** se incluirán suficientes detalles para permitir a otro investigador repetir el trabajo.

**Resultados y Discusión:** se expondrán los resultados hallados y la discusión de los mismos.

**Conclusiones:** queda a criterio del autor su inclusión.

**Referencias:** el trabajo deberá concluir con un apartado para Referencias. Figurarán trabajos publicados o en prensa. No se deberá usar la palabra Bibliografía como sinónimo de Referencias.

Las citas bibliográficas deberán consignarse en orden alfabético. El texto debe incluir nombres de Autores y el año de referencia bibliográfica correspondiente.

#### 2.3 - ORGANIZACIÓN DE LA PRESENTACIÓN

**2.3.1:** Los artículos se organizarán siguiendo el esquema general en orden sucesivo:

**Primera página:** el contenido de la primera página será: el título en español, nombre del/los autor/es, la afiliación con la dirección, el título en inglés; el abstract, key words, resumen en español.

**Cuerpo del artículo:** El cuerpo del artículo comenzará en la segunda página con la introducción.

**Secciones:** Cada título de sección deberá ser escrito en minúscula salvo la primera letra y en negrita sin subrayado ni numeración alguna. Los subtítulos deberán ser escritos en minúsculas, salvo la primera letra y sin negrita. Se deberán dejar dos espacios entre líneas, antes y después de cada subtítulo.

**Figuras y Tablas:** las figuras, las fotos y las tablas deberán incluir un breve epígrafe explicativo en la parte inferior de la misma. Se insertará la mínima cantidad posible de fotos, intercaladas con el texto del artículo lo más cerca posible del lugar donde están mencionadas.

**Fórmulas:** Las fórmulas y expresiones matemáticas deberán ser escritas dejando dos espacios sobre, debajo y entre cada una de ellas. Las fórmulas se ajustarán pegadas al margen izquierdo. Se recomienda el uso del Sistema Internacional (SI).

**2.4 - ENVÍOS DE LOS TRABAJOS 2.4.1:** Solicitar por nota al Director de la revista UNLAR Ciencia la publicación y enviar el texto completo de los trabajos a la Universidad Nacional de La Rioja, a las oficinas de Ciencia y Tecnología, domicilio: Av Dr. René Favaloro S/N, CP.5300 - La Rioja Capital-Argentina, en original y dos copias completas, para los evaluadores que el Comité Editorial designe y por correo electrónico a unlarciencia@unlar.edu.ar. Aceptado el trabajo para publicación se comunicará al/los autor/es, a efectos de la presentación de la versión final.



# UNLaR

## C I E N C I A

### REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA RIOJA

#### C O N T E N I D O S

#### Ciencias Exactas y Naturales

Aplicación de una nueva metodología Adaptive Business Intelligence para un análisis taxonómico predictivo utilizado para la detección temprana de alumnos universitarios en riesgo de deserción.

Roldán M.F.

Pág. 2

#### Ciencias Agrarias de la Ingeniería y de los materiales

Características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa Griseb.*

Patt, G.S.

Pág. 13

Investigaciones RES en la degradación de la mezcla PS/PP (80/20) con 20wt% de SBS, bajo irradiación gamma, después de 5 años de almacenamiento en aire.

Davidson, E.; Reyes-Romero, J.; Moronta, D.; Sciamanna, R.

Pág. 18

#### Ciencias Biológicas y de la Salud

Caracterización genotípica del virus de la hepatitis B en la provincia de La Rioja.

Romero, N.; Tello Roldán, E.D.

Pág. 26

#### Ciencias Agrarias de la Ingeniería y de los materiales

Diversidad específica de controladores biológicos crisópidos (*Neuroptera: Chrysopidae*) en el germoplasma olivícola en la Plaza Solar, La Rioja, Argentina.

González Olazo, E.; Redolfi, I.; Patt, G.; Campos, M.

Pág. 31

#### Ciencias Biológicas y de la Salud

Diseño de oligonucleótidos que reconocen específicamente el virus de la Hepatitis B.

Romero, N.

Pág. 36

#### Suscripción a la Revista

**EL VALOR POR UN AÑO**

**ES DE \$30, POR DOS AÑOS ES DE \$50**

A tal efecto usted deberá remitirnos su nombre y apellido, dirección electrónica y ciudad. Para abonar debe acompañar el correspondiente cheque o giro a nombre de la Fundación Universidad Nacional de La Rioja (FUNLaR) a la siguiente dirección: Secretaría Ejecutiva de la revista UNLaR Ciencia, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Avda. Luis de la Fuente S/N, CP: 5300 La Rioja, Argentina.

### Ciudad Universitaria de la Ciencia y de la Técnica

**Concejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICyT)**

Avda. Luis de la Fuente S/N, CP 5300 - Tel/ Fax: 54-03822-457098

Correo Electrónico: [unlarciencia@unlar.edu.ar](mailto:unlarciencia@unlar.edu.ar)

La Rioja - República Argentina

Registro de la Propiedad Intelectual en trámite Expte: 03035