



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ESTADÍSTICA EN BIOLOGÍA.
DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL PARA SU
APLICACIÓN.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A

CESAR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL

ASESORA:

Dra. PATRICIA RIVERA GARCÍA

PAPIME PE207715

MÉXICO., D.F.

Febrero, 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PAPIME PE207715, por el apoyo recibido para la realización de esta tesis.

A mi madre, Marisela Hernández Tovar, por apoyarme en todas las maneras posibles que podría hacerlo una madre, y a la vez ser un ejemplo a seguir de perseverancia, bondad, responsabilidad y honestidad.

A mi padre, Jesús Hernández Mendoza, por sus grandes consejos que me llevaron a siempre seguir adelante y darme todo el apoyo para seguir con mis estudios.

A mi hermano, Isaac, por los momentos de diversión, enseñanza, peleas y varias experiencias de las que he aprendido y me han enriquecido.

A la Dr. Patricia Rivera García, principalmente por su valiosa amistad y sus consejos, además del gran aporte para la elaboración de esta tesis.

Al M en C. Armando Cervantes Sandoval, por permitirme entrar en su grupo de trabajo y apoyarme enormemente en la elaboración de esta tesis, además de brindarme su preciada amistad.

A mis sinodales; Dr. Antonio Valencia Hernández, I.A. Alejandro Josué Perales Ávila y Biól. José Luis Guzmán Santiago, por su paciencia en la revisión y corrección de esta tesis, para que este trabajo se haya mejorado con base en su experiencia profesional.

A la M en C. Bárbara Susana Luna Rosales, por darme la oportunidad de participar su proyecto, y de esta manera ayudarme en gran medida en mi proceso de titulación.

A mis grandes amigos de carrera: Estrella, Ana, Joselyn, Dani, Pancho, Belén, Gaby, Chava y Jessica, quienes estuvieron conmigo a lo largo de la licenciatura, con los que he pasado experiencias inolvidables, y con los que deseo mantener una amistad de por vida.

A mis compañeros de laboratorio: Belén, Sandra (Darks), Gloria, Richi, Esaú, Ángel, Rubick y Eric, con quienes pasé grandes momentos en mi estancia en este laboratorio y se convirtieron en grandes amigos.

Al ensamble Kuikayotl, donde he pasado experiencias únicas, incluyendo al profesor Rodolfo de quien he aprendido mucho y me ha guiado en mis estudios, y a Mario Iván (el morro), con quien mantengo una gran amistad y a quien le deseo éxito en su profesión musical.

A los profesores Mary y Ulises, a sus hijas Ana, Lupe y Mariuly, así como a René y Claudia, personas con las que estoy enormemente agradecido y que me han hecho sentir como en una familia.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I. ESTADÍSTICA EN BIOLOGÍA.....	7
1.1.- La estadística como herramienta de análisis de datos biológicos.....	7
1.2.- Tipos de datos	9
1.3.- Aplicación de la Estadística en Biología.....	11
1.4.- Software Estadístico para el análisis de datos	16
1.4.1.- <i>R Commander</i>	17
1.4.2.- <i>Statgraphics</i>	20
1.4.3.- IBM SPSS Statistics	22
CAPÍTULO II. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC) Y EDUCACIÓN A DISTANCIA	24
2.1.- Uso de las TIC en la educación.....	24
2.2.- Características de la educación a distancia.....	25
2.3.- Aulas virtuales y entornos virtuales	27
2.4.- Moodle	30
OBJETIVO GENERAL	34
JUSTIFICACIÓN.....	35
MÉTODO	36
I. Diseño.....	36
II. Implementación.....	39
III. Prueba y Depuración del Curso.....	40
IV. Recursos software utilizados para el desarrollo	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES.....	63
REFERENCIAS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso metodológico de la investigación científica	13
Figura 2. Ventana de R <i>Commander</i> que ejemplifica la técnica de comparaciones de medias	19
Figura 3. Interpretación de StatAdvisor para un análisis de varianza cuando no se rechaza H_0 .	20
Figura 4. StatGallery con gráficos tomados de un conjunto de datos con respecto a la comparación de masa de corteza entre árboles de 4 bosques distintos	21
Figura 5. Ventana de <i>StatWizard</i> que muestra los cálculos con base en los datos y variables	22
Figura 6. Vista de variables de SPSS	23
Figura 7. Cuestionario de percepción de los materiales electrónicos.....	40
Figura 8. Guía de criterios de selección de los métodos estadísticos.....	51
Figura 9. Video explicativo del manejo de R <i>Commander</i> para la solución de un análisis de muestras pareadas.....	52
Figura 10. Pregunta incluida en el examen de estadística paramétrica para la planeación de las hipótesis.....	53
Figura 11. Curso de Taller de análisis de datos dentro del campus virtual de la FES Zaragoza...	54
Figura 12. Página de inicio del curso de Taller de Análisis Estadístico de Datos.....	55
Figura 13. Disposición de los archivos dentro del tema de estadística paramétrica	56
Figura 14. Construcción del diagrama de caja y bigotes señalando sus componentes.....	57
Figura 15. Diseño de un análisis de cuadrados latinos, con la interpretación de los resultados, el análisis de comparaciones múltiples y gráficos asociados	58

RESUMEN

En el estudio de sistemas biológicos, cada vez es más importante realizar un análisis de datos, con el fin de extraer, entender y explicar toda la información que se tiene del objeto de estudio. Sin embargo, se tienen dificultades cuando se realizan estos análisis estadísticos, debido a: 1) La falta de un criterio de elección adecuado para las técnicas estadísticas correctas con base en los datos obtenidos y objetivos planteados; 2) La dificultad que representa el análisis de datos, por a la carencia de bibliografía o recursos que orienten al usuario de la estadística a través de los pasos a seguir, enfocándose al uso de un software, los cuales son cada vez más utilizados en las investigaciones científicas, y 3) Complicaciones en el momento de interpretar resultados, con énfasis en la discusión con elementos que nos den una explicación biológica.

Por ello, en el presente trabajo, como una alternativa para intentar solventar este problema, se planteó desarrollar un prototipo de entorno virtual para la selección, aplicación e interpretación de los métodos estadísticos a situaciones reales de análisis de datos, como una herramienta de apoyo a aquellas personas del área con necesidades de criterios de selección de las técnicas de análisis estadístico. Como resultado, se diseñó e implementó un aula virtual llamada “Taller de Análisis Estadístico de Datos”, desarrollada en el Campus Virtual de la FES Zaragoza, utilizando la plataforma Moodle.

El curso consta de tres grandes unidades: Estadística Paramétrica, Estadística no Paramétrica y Estadística Multivariada. Se muestran diversas estrategias de selección de las técnicas de análisis estadístico, dependiendo del tipo de datos y los objetivos del análisis, buscando se cumplan los supuestos necesarios para cada técnica, y contemplando el número y tipo de variables a analizar.

En el aula virtual, el usuario puede elegir el software estadístico que se ajusta a sus necesidades y tipo de datos, entre los cuales se tiene a Statgraphics o SPSS o de uso libre como R, junto con el complemento R-Cmdr. Se han elegido estos tres programas de cómputo por el gran uso que tienen actualmente dentro de las ciencias biológicas y por la diversidad de herramientas y técnicas estadísticas que son capaces de realizar, y de esta forma, ofrecer al usuario la alternativa de elegir entre ellos de acuerdo a sus necesidades y posibilidades.

El entorno virtual incluye la explicación de los temas en cada módulo a modo de introducción, destacando su utilidad y aplicación dentro de las ciencias biológicas; seguido del uso de la paquetería estadística para el análisis de datos que ejemplifican situaciones comunes inherentes a los proyectos de investigación en las ciencias biológicas e incluyendo criterios generales de interpretación para cada resultado, tanto desde el punto de vista estadístico, como desde la perspectiva biológica, ante los problemas planteados, lo que es difícil de encontrar en la bibliografía estadística. De este modo se elaboraron 59 guías sobre cada tema dentro del aula, de los tres grandes temas de Estadística Paramétrica, Estadística no Paramétrica y Estadística Multivariada, así como videos ejecutables sobre el uso del programa de R. Los temas se seleccionaron de acuerdo a un criterio jerárquico de su aplicación dentro del análisis de datos biológicos. El aula cuenta con diversas herramientas de organización, entre las que se incluyen el calendario de actividades, notificaciones, noticias y herramientas administrativas.

De esta forma, el entorno virtual “Taller de análisis estadístico de datos” se constituye como un curso que aprovecha las capacidades del entorno virtual para poner a disposición de estudiantes, tesisistas e investigadores la información necesaria para seguir el proceso de análisis de datos a través de un programa estadístico.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de análisis estadístico se aplican a una gran cantidad de estudios científicos¹, que sirven como una herramienta para el análisis de datos obtenidos en sus investigaciones; sin embargo, pese a su utilidad en las ciencias biológicas, no siempre se utilizan adecuadamente debido a que muchos de los usuarios de estas herramientas desconocen qué métodos utilizar, tomando en cuenta el tipo de datos que tienen, o bien porque no tiene una idea clara sobre cómo seleccionarlos adecuadamente. Aunado a esto, los métodos de análisis estadístico en ocasiones tienden a ser de una alta complejidad en su aplicación y entendimiento, lo que no permite que el usuario llegue a una conclusión correcta al finalizar el análisis. Es por esto que se han buscado nuevas estrategias de enseñanza en el uso adecuado de estas herramientas, como son cursos en línea, blogs, video-tutoriales, entre otros.

Por esta razón, se diseñó y desarrolló un prototipo de entorno virtual que pone a disposición del usuario las herramientas necesarias para realizar la selección, aplicación e interpretación de los métodos estadísticos tanto paramétricos como no paramétricos, así como parte de las técnicas de estadística multivariada, a situaciones reales de análisis de datos biológicos, incluye una guía de criterios para seleccionar el o los métodos estadísticos adecuados para el análisis de datos de éste contexto, así como guías de uso de tres paquetes estadísticos (Statgraphics, R commander y SPSS), incluyendo la secuencia de cálculo y las formas de interpretación de resultados, con el fin de que estudiantes, tesistas e investigadores que utilicen esta herramienta puedan realizar el análisis de sus datos de manera más fácil y así, llegar a discutir y concluir adecuadamente con base en la información obtenida de los estadísticos utilizados.

La aplicación de la estadística comienza por el análisis exploratorio de datos, con la cual el usuario de la estadística conocerá si existen datos extraordinarios dentro del conjunto, así como la distribución de los mismos. Con esta información es posible considerar los criterios para la selección de la herramienta estadística propicia; de esta forma, el proceso de análisis estadístico parte de un diseño experimental realizado por el investigador para tomar la información necesaria

¹ Como ejemplo de este uso extendido de las herramientas de análisis estadístico, Kilkenny y col. (2009) reportan que los métodos estadísticos para análisis de datos se emplean en 91% de 271 estudios revisados que emplean animales como objeto experimental; por su parte Fukuda y Ohashi (1997) mencionan que 76% de los artículos publicados hasta la fecha en la *Japanese Journal of Clinical Oncology* han empleado de alguna manera el análisis estadístico.

y en la manera adecuada para realizar inferencias sobre la población de estudio, ya sea organismos, células o ecosistemas, entre otros. De este modo es posible ampliar el conocimiento del objeto de estudio mediante la toma y análisis de datos.

La estadística se clasifica de varias maneras, entre las que se encuentran los métodos paramétricos y no paramétricos, que se diferencian por el cumplimiento de supuestos de los datos, principalmente la normalidad, lo cual con frecuencia no ocurre en las investigaciones del área biológica.

Otra clasificación importante se basa en la cantidad de variables a analizar, dado que el análisis de una o dos variables difiere algunas veces de los métodos usados para datos multivariados.

Las dificultades en el uso de las herramientas estadísticas parten en ocasiones del desconocimiento de estas clasificaciones, e incluye también al proceso de cálculo, principalmente la interpretación de resultados, lo cual es fundamental en cualquier estudio de este tipo.

Los entornos y aulas virtuales son una alternativa de uso de las herramientas de la información y la comunicación (TIC) para desarrollar un ambiente de retroalimentación asíncrono donde el sistema de aprendizaje se ve reforzado con actividades programables de evaluación y seguimiento del progreso del alumno.

Como una alternativa para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de temas complicados o complejos como los anteriormente mencionados, han surgido una serie de herramientas que apoyan estos procesos, siendo las TIC, y en especial, la educación a distancia una alternativa aplicable a distintas disciplinas y campos de estudio como la biología, promoviendo el uso de las nuevas tecnologías en búsqueda de una presentación más asimilable de los temas a estudiar. Esta modalidad permite además dar seguimiento al usuario mediante evaluaciones y ejercicios, con las ventajas que conlleva el ser una herramienta asíncrona.

Los entornos virtuales se componen de las herramientas necesarias para el desarrollo y organización de los recursos dedicados a la enseñanza basados en la web, sirviendo a la vez para la creación de las aulas virtuales, las cuales constituyen el ambiente virtual en el que se navega el usuario.

La creación de un curso dedicado a la aplicación de la estadística en la biología se ha planeado para que los usuarios que utilicen este recurso, tengan los criterios necesarios para el correcto análisis e interpretación de sus resultados.

Las tecnologías de la información y comunicación se han utilizado por diversos autores, al aplicarlas en el apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de diversos temas biológicos y sobre la estadística, tales como el entorno virtual desarrollado por Gonzáles y Olgúin (2013), el cual se enfocó a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística descriptiva por medio de diversos objetos de aprendizaje. Dentro de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza se han conjuntado diversos manuales de uso de programas estadísticos conjuntos en un diplomado en línea (Cervantes y col. 2014). El presente trabajo ofrece la ventaja de conjuntar en un sólo material la información de los temas que comúnmente aparecen en varias fuentes bibliográficas, tras haber sido sintetizadas, analizadas, depuradas y enfocadas a un ámbito biológico, además de abarcar el proceso metodológico del análisis, que parte de la selección de las técnicas estadísticas, el análisis de los datos y la interpretación con base en la problemática biológica.

De esta forma, el objetivo que se planteó fue diseñar y desarrollar un prototipo de entorno virtual para la correcta selección, aplicación e interpretación de los métodos estadísticos a situaciones reales de análisis de datos, para lo cual se fundamenta en los siguientes temas:

Estadística en Biología. Se aborda el tema de la estadística, partiendo de su finalidad y la aplicación que tiene dentro de las investigaciones biológicas para el proceso de análisis de datos. Se incluye también la descripción del software utilizado marcando las diferencias que hay entre ellos.

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y Educación a Distancia. Se trata el uso de las nuevas tecnologías como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje a través del sistema de e-learning, la manera en que han surgido los entornos virtuales y aulas virtuales como una alternativa de este uso, sus características y la descripción de Moodle como una plataforma para el desarrollo de aulas virtuales.

Posteriormente se incluyen los objetivos planteados para este proyecto, la justificación con base en la problemática que se presenta en el análisis de datos biológicos por parte de los estudiantes e

investigadores y el uso de las herramientas tecnológicas como una propuesta de solución. La sección de material y método trata del diseño del curso y su implementación dentro de un sistema de educación a distancia. En los resultados y discusión se habla sobre las ventajas del temario elegido, el software utilizado y la descripción del material elaborado, así como las actividades de seguimiento del usuario y de retroalimentación. Finalmente se enuncian las conclusiones y las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

ESTADÍSTICA EN BIOLOGÍA

1.1.-La estadística como herramienta de análisis de datos biológicos.

La estadística se define como el conjunto de métodos para recoger, clasificar, representar y resumir datos, así como para hacer inferencias científicas a partir de ellos (Martín, 2004). Este proceso se apoya mediante el cálculo de las medidas de tendencia central y dispersión, de modo que se puede estimar el grado de incertidumbre asociado a la variabilidad de los datos.

La estadística está conformada por una serie de herramientas como apoyo a la toma de decisiones con base en el análisis de un conjunto de datos, y pone a disposición del usuario criterios necesarios para realizar inferencias a partir de ellos. Su aplicación se extiende a diversos campos de estudio, incluyendo las ciencias biológicas.

Usando el conjunto de técnicas y teorías desarrolladas por la estadística es posible alcanzar los siguientes objetivos (González, 2012):

- Planificar la recolección de los datos necesarios y suficientes para realizar cualquier investigación. Ésta incluye el tipo de muestreo a realizar, el número de muestras a considerar, cómo establecer el tratamiento de los datos a analizar, planeación del análisis estadístico posterior con el fin de tener una idea de lo que se realizará con los datos una vez que se colectan.
- Organizar los datos presentándolos en tablas o gráficos, así como calcular algunas medidas para describir algunas características importantes de la muestra, también conocidas como estadísticos o estadígrafos, tales como las medidas de tendencia central (media, mediana) o de dispersión (desviación estándar, varianza).
- Realizar inferencias de qué ocurre con y entre todos los elementos de la población, basadas en los resultados de una muestra extraída de ella, y medir, en términos de probabilidad, el grado de confianza de las hipótesis. Este es el objetivo de la inferencia estadística o estadística inductiva.

La finalidad de la estadística es suministrar cierto nivel de confianza ante la aseveración de rechazo o no rechazo de la hipótesis planteada en el análisis, proporcionando un criterio objetivo para tomar una decisión particular que servirá para acertar más veces que equivocarse². La estadística permite pasar del plano subjetivo, a un nivel objetivo que proporciona el contraste de hipótesis con distintos niveles de significancia³. Con base en los resultados de este análisis, se puede llegar a conclusiones más precisas y fieles a lo que los datos representan realmente.

El objetivo de los métodos estadísticos es utilizar evidencia para mejorar el conocimiento sobre los procesos o poblaciones de estudio, que incluye el grupo entero de individuos y objetos (plantas, células, individuos) a estudiar. Como resultado, la estadística ayuda a tomar decisiones más fidedignas (Shahbaba, 2012).

Al ser una herramienta de amplio campo de aplicación, resulta útil clasificar la estadística. Las diversas formas de clasificación de la estadística toman como parámetro diversos factores, tales como:

i) Según el número de variables analizadas:

a) **Estadística univariada:** Toma en cuenta una sola variable. Con esta información se pueden hacer estimaciones del comportamiento de la población sobre dicho parámetro, así como pruebas de hipótesis al comparar con un valor teórico.

b) **Estadística bivariada:** Hacen referencia a la descripción de dos variables, lo que posibilita la comparación entre dos grupos, ya sea en su dispersión (varianza, desviación estándar), o la similitud entre sus valores (media, mediana), así como el grado de relación entre las variables.

c) **Estadística multivariada:** Toma en cuenta tres o más variables, medidas a partir de varios individuos muestrales, lo que da pauta a una serie de técnicas de ordenación y clasificación, tomando como base las medidas de distancia o disimilitud.

² De esta forma se evita caer en los errores estadísticos, siendo el error de tipo I el rechazo de la hipótesis nula cuando es verdadera, y el error tipo II como el no rechazo de la hipótesis cuando en realidad es falsa.

³ *Ibid* p.11

ii) Según la finalidad del análisis:

- a) **Descriptiva:** Conjunto de técnicas que se encarga de presentar los datos de manera gráfica, además de que se vale del análisis exploratorio de datos para analizar de los mismos, mediante medidas de tendencia central y de dispersión.
- b) **Inferencial:** Utiliza una serie de análisis para sacar conclusiones a partir de una muestra de datos sobre la población bajo estudio.

iii) Según el método:

- a) **Estadística paramétrica:** Las variables a analizar deben ser de tipo cuantitativas y deben cumplir tres supuestos, según el caso del análisis:
 - a.1) Los datos obtenidos se ajustan a una distribución normal.
 - a.2) Homogeneidad de la varianza (medida de dispersión) entre grupos.
 - a.3) La toma de muestra es independiente.
- b) **Estadística no paramétrica:** Se utiliza a partir de escalas nominales u ordinales con variables cualitativas expresadas de manera numérica, o bien, cuando no se cumple alguno de los tres supuestos anteriores.

1.2.-Tipos de datos.

Los datos colectados y analizados mediante la estadística se clasifican de acuerdo al tipo de variable que se estudia:

- i)* **Variables cuantitativas (numéricas):** Poseen un valor numérico (temperaturas, poblaciones, velocidades). Dichas mediciones pueden, a su vez, ser de dos tipos:
 - a) **Variables Discretas:** Sólo toman valores enteros, ya que los valores intermedios ya que se consideran carentes de sentido, por ejemplo, el número de árboles en una hectárea, o huevos que ovoposita un pez.

b) **Variables Continuas:** Pueden tomar cualquier valor entre un intervalo de valores, es decir, existen infinitas posibilidades entre 2 valores (peso, talla, tiempo, temperatura; usualmente están sometidos a la precisión con los que se mide).

ii) **Variables cualitativas o categóricas:** En vez de asignar un valor numérico, se determina una característica distintiva y por tanto no son medibles.

a) **Variables Nominales:** Los datos no se agrupan con ninguna jerarquía entre ellos (colores, idioma, nacionalidad)

a.1) **Dicotómicas:** Sólo tienen dos opciones (vivo/muerto, sano/enfermo).

a.2) **Policotómicas:** Existen varias posibilidades para asignar (especies de determinado género, colores).

iii) **Variables Ordinales:** Poseen un orden jerárquico (ciclo de vida, días de la semana, ciclo estral)

1.3.-Aplicación de la Estadística en Biología.

Las técnicas de análisis estadístico tales como las descriptivas y de inferencia, tienen un gran campo de aplicación en el estudio de las ciencias experimentales, tal es el caso de la biología, donde se le da el nombre de bioestadística, definido en 1986 por Sokal R. y Rohlf como “la aplicación de métodos estadísticos a la solución de problemas biológicos. También se le llama estadística biológica o biometría” (p.1).

La ciencia biológica anterior a la segunda mitad del siglo XIX se enfocó a introducir cierto orden sobre todo al hacer la clasificación de plantas y animales (Sánchez y col, 2002). Esta época se caracterizó por manejar poca teoría cuantitativa que explicara las causas de la variabilidad observada entre formas y especies, así como de otros fenómenos observados en la naturaleza tales como las tasas de anabolismo y catabolismo, varianza génica, entre otros. Las mayores aportaciones en este periodo las hizo Francis Galton (1822–1911), conocido como el padre de la Eugenesia, quien hizo aportaciones en la aplicación de la metodología estadística al análisis de la variabilidad biológica, así como el estudio de la regresión y correlación en medidas biológicas, en un trabajo conjunto con Karl Pearson (1857-1936). Por su parte, Ronald Fisher (1890–1962) introdujo el análisis de varianza, la covarianza y el diseño de experimentos, los cuales se han aplicado a diversos campos como la genética, la química agrícola, entre otras. Fue uno de los primeros impulsores de la genética de poblaciones, basándose en las leyes de la herencia de Mendel.

Las leyes de la herencia, tal y como fueron enunciadas por Mendel, constituyen el prototipo de teoría cuantitativa en biología; el experimento mismo y el reporte final son ejemplos de un diseño experimental y de una habilidad poco común en aquel tiempo para la inferencia estadística. Es a partir de los redescubrimientos de las leyes de la herencia de Mendel (1900) cuando se debate la polémica que trae este nuevo conocimiento al tema de la evolución, cuando la estadística tiene una mayor influencia en los estudios biológicos (Yáñez, 2000). Con el avance del conocimiento en esta área, surgió la necesidad de mejorar el modo de análisis en ciencias naturales, siendo necesario conocer y manejar herramientas para analizar los datos y facilitar su interpretación a partir de los sistemas estudiados y la inferencia que se pudiera hacer sobre los mismos.

Actualmente, el conocimiento de las herramientas de análisis estadístico se ha vuelto imprescindible en el desarrollo de las ciencias biológicas, como recurso para la interpretación de datos procedentes ya sea de observaciones (mediciones) sistemáticas, o de experimentos planteados para conocer los efectos de uno o varios factores que intervienen en los procesos del estudio en cuestión, mediante la formulación y contraste de hipótesis planteadas por el investigador.

Las ciencias experimentales, en general, y la Biología en particular, utilizan en sus investigaciones muchos elementos estadísticos que le permiten analizar, interpretar y concluir respecto de sus problemáticas. Así, la estadística que se enseña en éstas áreas, requiere que se adapte tanto para el nivel como para la orientación; persiguiendo un objetivo fundamental que se pueda aplicar para resolver situaciones, tanto en lo profesional como en la vida cotidiana (Flores, 2014). Esta habilidad para aplicar el análisis correcto a un conjunto de datos y analizar los resultados constituye el último fin de la enseñanza en estadística. Cuando se utilizan de forma correcta las herramientas estadísticas, pueden ayudar a realizar investigaciones más eficientes y precisas, al agregar un grado de confianza basado en evidencia al momento de discutir los resultados.

El proceso de investigación científica, que contempla la metodología de la investigación y el análisis estadístico, se representa en la Figura 1, que se inicia con la observación de los fenómenos, poblaciones u organismos de interés, lo que conlleva a plantear el problema. La investigación bibliográfica es vital para tener bases para poder plantear un objetivo que se deba resolver, así como la hipótesis a comprobar. En este punto el investigador debe definir si incluirá un análisis estadístico en el proceso, dependiendo del objetivo del proyecto. Si se estipula un análisis cuantitativo se planeará el diseño estadístico, en caso contrario, se puede optar por un análisis descriptivo o exploratorio (y en este punto, inclusive el uso de las herramientas de análisis exploratorio de datos resulta de utilidad).

El diseño estadístico dependerá del método de análisis que se llevará a cabo, e incluye definir la hipótesis estadística, el número de tratamientos, número de variables, número de muestras y el valor de significancia con la que se realizará el análisis. Una vez diseñado el experimento se procede con el muestreo, para posteriormente analizar los datos recabados.

Es a partir de los resultados del análisis cuando se interpreta y concluye respecto al objetivo del experimento y, de ser necesario, se tendrá que hacer una revisión o replanteamiento de las hipótesis.

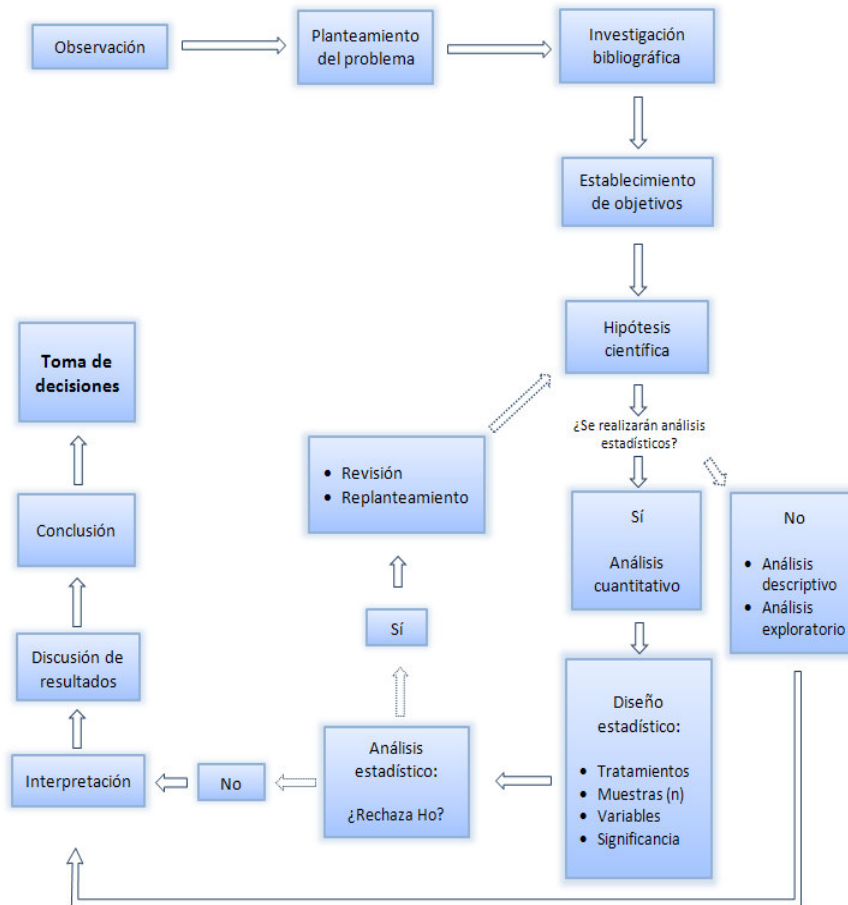


Figura 1. Proceso metodológico de la investigación científica (Tomado y modificado de Verdú, 1997; Ávila, 2006; Tamayo, 2002).

Sin embargo, es necesario tener claro hasta qué punto es de utilidad el análisis estadístico en la interpretación de los datos biológicos referentes al fenómeno estudiado, ya que el resultado del análisis no implica que todas las variables analizadas influyan en el resultado y, por tanto, en la interpretación, por lo que el criterio del investigador es de vital importancia.

La dificultad de discernir la utilidad del análisis estadístico ha traído como consecuencia una serie de problemáticas al momento de realizar análisis estadísticos. En el caso del análisis de los sistemas y organismos biológicos, lo razonable es que no existan dos individuos iguales en ninguna de sus características, por lo que una muestra siempre será distinta a otra; sin embargo,

lo que es obvio a simple vista en la naturaleza, no es considerado como tal por la mayoría de los analistas dedicados a esta línea de investigación (IIMAS-INEGI, 2003). Es importante prever la variación dentro de los diferentes tratamientos y repeticiones que se llevan a cabo, ya que esta variación conlleva a un grado de incertidumbre en el análisis, y por tanto, en las conclusiones del proyecto. Esta incertidumbre se minimiza con una planeación previa al diseño del experimento, comenzando por tomar una muestra de considerable tamaño, de modo que sea representativa de la población.

Sobre este aspecto, Camus (1995: p.15) menciona que:

El problema de mayor importancia es confundir significancia biológica con significancia estadística, ya que se debiera revisar la robustez del modelo teórico para decidir qué tan grande debe ser una diferencia para considerarla biológicamente significativa, procedimiento que se debe efectuar al comenzar un estudio y que además depende de los objetivos de éste.

Este mismo autor concluye que, con frecuencia, no se advierte hasta qué punto la decisión biológica sobre los resultados obtenidos está condicionada por la inferencia estadística asociada, y a la inversa, hasta qué punto la información biológica y características de un estudio dependen de la inferencia estadística a usar. Aunado a esto, es de suma importancia que el investigador que aplique las herramientas de análisis estadístico, conozca la diferencia entre una hipótesis estadística y una hipótesis planteada en la investigación.

Otro de los aspectos que debe conocer el investigador es la revisión de supuestos, siendo la normalidad de los datos el supuesto más difícil de cumplir en las investigaciones biológicas, debido a la naturaleza de los datos. Es importante señalar que uno de los grandes problemas asociados al tema de la normalidad, deriva del hecho de que un biólogo, al aplicar la estadística, lo haga sobre una base de datos enfocados a las áreas de investigación industrial, administrativa, médica, social y contable, en donde la normalidad es de vital importancia (Cervantes, 2005), es por esta razón que en muchos casos, la bibliografía en la que se basan los investigadores del área biológica da por hecho el comportamiento normal de los datos, cosa que no ocurre con muchos datos provenientes de fenómenos biológicos.

Badii y col. (2007) señalan que existen tres importantes principios, inherentes a todos los proyectos experimentales que son esenciales para los objetivos del análisis estadístico:

- a) Selección aleatoria de las unidades experimentales: Es la asignación de tratamientos a unidades experimentales, de modo que todas las unidades consideradas tengan igual probabilidad de recibir un tratamiento. Su función es asegurar estimaciones imparciales de medias de tratamientos y del error experimental y evitar el sesgo.
- b) Número de repetición: Significa que un tratamiento se efectúa dos o más veces. Su función es suministrar una estimación del error experimental y brindar una medición más precisa de los efectos del tratamiento. El número de repeticiones que se requerirán en un experimento en particular, depende de la magnitud de las diferencias que se desean detectar y de la variabilidad de los datos con los que se trabaja. Considerando estos dos aspectos al inicio de un experimento, se evitarán muchas equivocaciones.
- c) Control local de las condiciones: Esto permite ciertas restricciones sobre la selección aleatoria para reducir el error experimental, de modo que el resultado del análisis se vea mínimamente influenciado por el azar generado del error del proceso, y refleje con mayor exactitud la incidencia de la o las variables de interés.

Muchos investigadores y estudiantes del área biológica han utilizado en un momento u otro, algún texto de bioestadística, logrando un buen entendimiento de los principios. Sin embargo, de vez en cuando (y particularmente cuando se preparan para generar un nuevo diseño o para analizar un nuevo conjunto de datos), requieren un breve repaso para ayudar a recordar las cuestiones y principios relevantes al diseño o escenario de análisis. En la mayoría de casos no es necesario re-leer los textos más discursivos y en muchos casos expresan una renuencia a invertir una gran cantidad de tiempo en hacerlo (Logan, 2010).

Un investigador no necesita ser un experto en estadística para obtener resultados confiables y precisos a partir del análisis de datos, sino que basta con que tengan el conocimiento sobre los criterios de elección de la técnica adecuada, la manera correcta de su aplicación y una comprensión de las formas correctas de interpretación de resultados y conclusiones al respecto.

Sin embargo, el uso de las herramientas estadísticas se ve en ocasiones frenado por las dificultades que conlleva implementarlas dentro de las ciencias biológicas, ya sea por el desconocimiento de las técnicas apropiadas, los problemas metodológicos en el proceso, falta de comprobación de supuestos necesarios para la aplicación de las técnicas, o simplemente por renuencia a comprobar las formas adecuadas de aplicación.

Es en estos casos cuando los investigadores se encuentran problemas para analizar sus datos, lo que requiere en algunas ocasiones de la consulta de un experto estadístico para poder extraer cualquier información útil o, en el peor de los casos, llegan a utilizar el análisis estadístico que mejor se ajuste a los resultados que se desea obtener y por tanto, llegar a conclusiones erróneas. Resulta no solamente útil, sino necesario conocer las diferencias entre los diversos métodos estadísticos ya que los sistemas biológicos estudiados requieren de diferentes métodos de análisis de los datos que de ellos se recaban, ya sea por la distribución de los datos o la finalidad de la investigación, entre otros.

La renuencia de los textos de bioestadística por promover o instruir en un software estadístico en particular (excepto en casos especializados) se debe en parte al reconocimiento de la diversidad de paquetes de software disponibles (cada uno de los cuales difiere sustancialmente en las características que ofrece así como la interfaz de usuario, la presentación de resultados y la dinámica de las versiones) (Logan, 2010).

1.4.-Software Estadístico para el análisis de datos.

Como una respuesta a la necesidad de aplicar análisis estadísticos a datos obtenidos de distintos estudios, actualmente se encuentra disponible una gran variedad de software estadístico, que se ha desarrollado con el fin de facilitar la aplicación de las técnicas de análisis estadístico, evitando el cálculo numérico manual, dicho de otro modo: “la computadora es un instrumento que realiza las operaciones de cálculo inherentes a una aplicación estadística concreta” (Santos, 2010, p.16). Por lo tanto, la parte más importante la realiza el usuario, quien debe tener el conocimiento que lo lleve a elegir la técnica estadística adecuada, de acuerdo con el tipo de datos que posee, y con la correcta de interpretación de los resultados que resulten del análisis.

Para que se pueda hacer un correcto análisis de los datos, el usuario se debe familiarizar con el software que utilizará en el análisis. A su vez resulta conveniente conocer las distintas opciones con las que se cuenta al momento de elegir un software para trabajar, ya que cada uno presenta características únicas, así como algunos tienen carencias al momento de aplicar alguna técnica de análisis (Serret, 1998, p.11).

Por esta razón resulta importante describir las características del software utilizado. En este trabajo, se eligieron tres software estadísticos, R, SPSS y *Statgraphics*, ya que son los que se utilizan en el análisis de datos biológicos, así como la gran variedad de técnicas que pueden realizar con ellos.

A continuación, se hace una breve descripción de éstos:

1.4.1.- R Commander.

R es un lenguaje de programación, análisis y generación de gráficos, que se ha convertido en uno de los principales programas para la computación estadística, se distribuye bajo licencia del sistema operativo GNU (acrónimo recursivo de *GNU is not Unix*), que garantiza su libertad de uso y gratuidad.

Usar el programa de R tiene una serie de ventajas gracias a su capacidad de poder manejar y analizar datos. Entre las ventajas del programa se encuentran (Lafaye y col. 2013):

- a) Tiene un sistema de documentación disponible en línea en inglés.
- b) Procedimientos eficientes para el análisis y almacenamiento de datos.
- c) Una serie de operadores de cálculos en tablas, especialmente matrices, lo que permite mantener una organización de la información, así como realizar operaciones con todo el conjunto de datos.
- d) Una colección de procedimientos estadísticos para el análisis de datos, como el análisis exploratorio de datos, técnicas de inferencia estadística, técnicas de ordenación, entre otros.
- e) Procedimientos gráficos avanzados. Las órdenes gráficas se clasifican en tres grupos básicos: (cran.r-project.org, 2015):

- **Alto nivel:** Son funciones que crean un nuevo gráfico, posiblemente con ejes, etiquetas o títulos.
- **Bajo nivel:** Son funciones que añaden información a un gráfico existente, tales como puntos adicionales, líneas y etiquetas.
- **Interactivas:** Son funciones que permiten interactuar con un gráfico, añadiendo o eliminando información, utilizando un dispositivo apuntador, como el ratón.

f) Lenguaje de programación simple y eficiente.

g) Representa el software para el análisis estadístico más utilizado en la última década (Stanislav y col. 2010 p.178; Larson, 2015, p.3; Esponosa y Molina, 2014 p.1; Barrios, 2010, p.5; Hernández y Cuevas, 2013, p.168)

R se basa en una Programación orientada a objetos (POO), lo cual significa que los resultados, funciones, variables, y otros conjuntos de operaciones se almacenan como objetos, los cuales constituyen las unidades básicas para el diseño, programación y manipulación, siendo modificables por medio de operadores y funciones. Una gran parte de la información y paquetería disponible para R se encuentra accesible a través de la web CRAN (*Comprehensive R Archive Network*): <http://cran.r-project.org/>, sitio oficial del producto que redirige hacia diversos sitios espejo, almacenados en servidores de 49 países (En México existen 2 servidores, dentro del Instituto Tecnológico Autónomo de México y el Colegio de Postgraduados, Texcoco).

En el sitio, es posible acceder a los complementos que agregan operaciones y utilidades al programa. Al momento de descargar el programa se incluyen 14 de estos complementos, correspondientes a las operaciones básicas de R. Con esta complementos funciona R-Console, el cual sirve mediante la entrada de comandos. Los comandos introducidos son procesados por R y se da la respuesta en modo de un resultado o un mensaje de error cuando el comando no es reconocido.

Actualmente dentro del sitio se encuentran disponibles 7819 (hasta 22/01/16) complementos descargables, que incorporan funciones de generación de gráficos, bases de datos, diseños de experimentos, simulaciones, herramientas de modelación, interfaces gráficas, herramientas de análisis Bayesiano, entre otros. Dentro de esta paquetería se encuentra *R-Commander*, junto con 38 complementos extra que lo componen.

R *Commander* es un complemento (módulo) de R basado en menús y ventanas desplegadas que ofrece al usuario un entorno de trabajo amigable con opciones para la gestión de datos, modelado estadístico y generación de gráficos. Los contenidos que abarca R *Commander* están en continua expansión, evolución y mejora (Oliden y Murgiondo 2012).

Dentro del complemento de R-*Commander* se encuentran las técnicas de descripción de datos, tablas de contingencia, comparaciones de medias, comparaciones de varianzas, regresión lineal, así como pruebas no paramétricas (pruebas de Wilcoxon y Kruskal-Wallis), y algunas pruebas multivariadas como el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis Factorial (AF) (Figura 2).

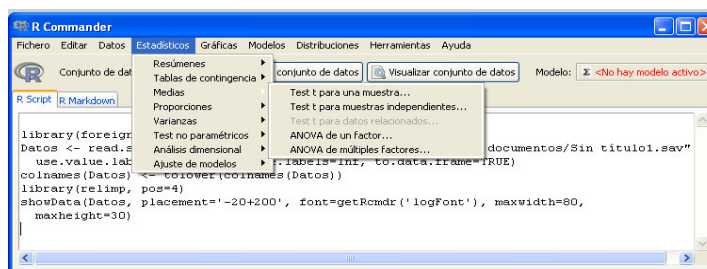


Figura 2. Ventana de R *Commander* que ejemplifica la técnica de comparaciones de medias

La principal ventaja de R *Commander* es que el usuario puede realizar casi todas las operaciones estadísticas de tratamiento de datos sin saber un lenguaje de programación. R *Commander* se encarga de construir las órdenes a partir del menú, como lo hacen otros programas estadísticos (Guisande y Vaamonde 2013). Gracias a esto, es posible ahorrar una gran cantidad de tiempo para aquellos que no conozcan el lenguaje, además de servir como guía para aprender poco a poco el lenguaje de programación, ya que los comandos se generan automáticamente y pueden ser observados en la ventana de R-*Commander*; a su vez, estos comandos se pueden modificar manualmente.

La introducción de datos es más sencilla, ya que incorpora la edición del conjunto de datos a través de una hoja de cálculo, además de la opción de importar datos provenientes de Excel, SPSS, STATA, entre otros.

1.4.2.- *Statgraphics*.

Statgraphics es un software cuyo uso está sujeto al contrato de licencia del producto. Incluye más de 150 procedimientos estadísticos (Monterrosa, 2014). La primera versión de este software se desarrolló en 1982; actualmente se encuentra en el mercado la versión XVII.

Las aplicaciones que realiza este software, incluye análisis de varianza, métodos estadísticos básicos, análisis de datos categóricos, extracción de datos, diseño de experimentos, análisis exploratorio de datos, tablas de vida, métodos multivariados, métodos no paramétricos, distribuciones de probabilidad, análisis de regresión, determinación de tamaño de muestra, entre otros (*Statgraphics.com*, 2015). De este modo, el software abarca una gran cantidad de métodos de análisis, que se presenta en una interface sencilla.

Entre las ventajas de utilizar este software se encuentran las herramientas de apoyo que facilitan su uso y manejo, tales como:

- i) ***StatAdvisor***: Principal herramienta de asesoría del programa, ayuda en la interpretación de resultados, además de que el software sugiere otras vías de análisis adicionales si es necesario (Figura 3).

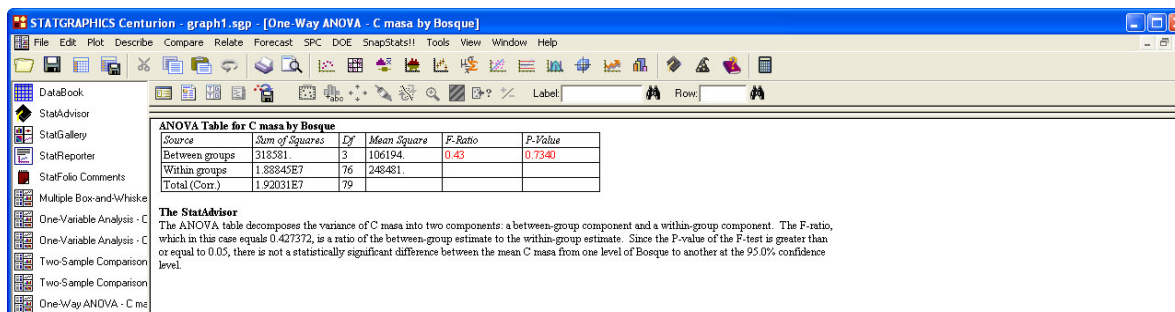


Figura 3. Interpretación de StatAdvisor para un análisis de varianza cuando no se rechaza H_0 .

- ii) ***StatFolio***: Esta herramienta permite guardar el análisis hecho para su posterior uso, de forma que es posible guardar el conjunto de datos, o incluir el resultado del análisis.

- iii) ***StatGallery***: Este complemento permite almacenar varios gráficos para poder ser observados juntos, guardarlos como un archivo por separado o imprimirlos (Figura 4).

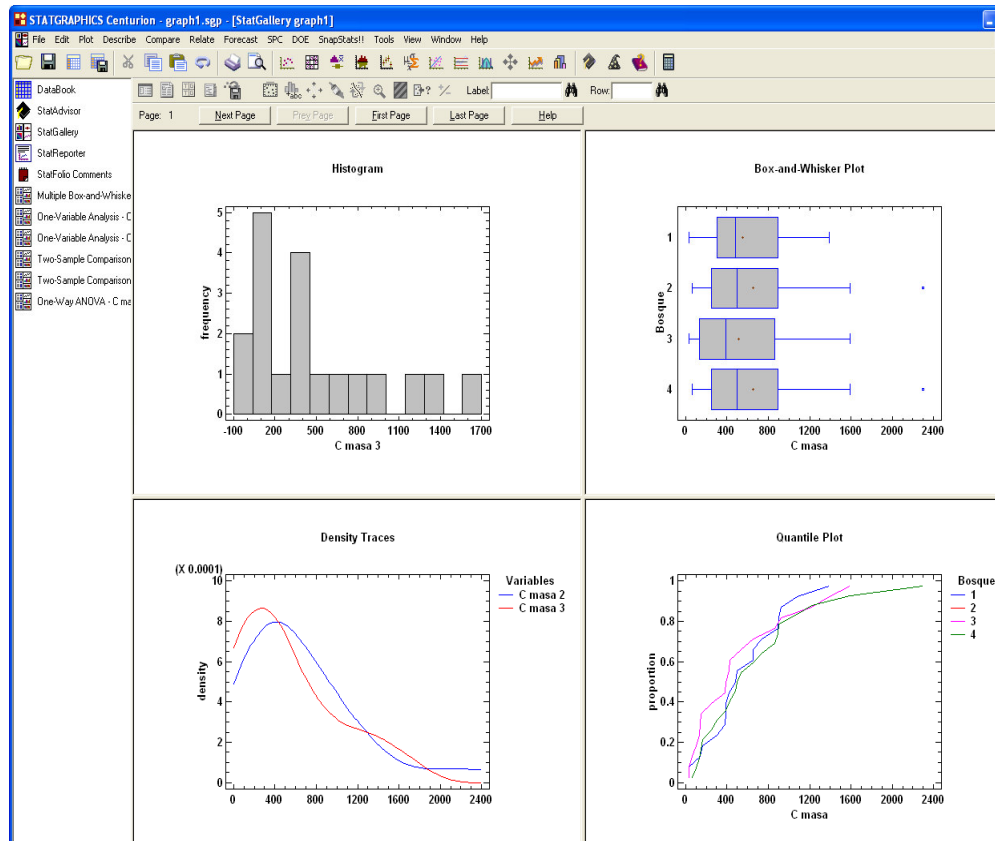


Figura 4. StatGallery con gráficos tomados de un conjunto de datos con respecto a la comparación de masa de corteza entre árboles de 4 bosques distintos.

- iv) **StatReporter:** Funciona como un procesador de textos, sirviendo como espacio para pegar textos y gráficos procedentes de los resultados, permitiendo agregar textos propios y modificar el formato del texto. Este texto puede guardarse en un archivo .rtf (*Rich Text Format*), que se puede leer con otros programas procesadores de texto como Microsoft Word o se puede imprimir directamente sin utilizar otro programa.
- v) **StatWizard:** Sirve como guía para la selección del análisis estadístico apropiado, el *StatWizard* trata de ajustar el análisis en base a los datos y el objetivo que persigue el usuario, a partir de una serie de pasos (Figura 5).

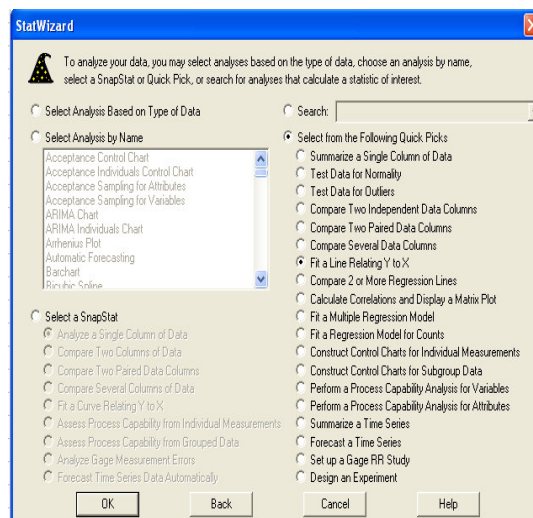


Figura 5. Ventana de *StatWizard* que muestra los cálculos con base en los datos y variables.

Statgraphics ofrece un manejo sencillo, disponible para cualquier persona con necesidad de análisis de datos, sin el requerimiento de conocer a profundidad las técnicas estadísticas, con la facilidad que ofrece su interface en modo de ventanas y menús desplegables, además de la incorporación del *Statadvisor*, el cual orienta sobre la manera correcta de concluir sobre el análisis efectuado. Este software se reconoce por la generación de gráficos modificables para que se muestre de la manera que el usuario prefiera, mostrando los resultados de los análisis realizados de una forma más fácil de asimilar.

Este programa tiene la capacidad de importar conjuntos de datos provenientes de diversas fuentes y en distintos formatos, como son datos provenientes de Excel, Matlab, Minitab, R, SAS, S-Plus, Stata, SPSS, entre otros.

1.4.3.- IBM SPSS Statistics.

Como acrónimo de *Statistical Package for Social Science*, SPSS inició en 1986 como un software dedicado a las investigaciones de mercado y las ciencias sociales (Hernández y Cuevas, 2013), y su uso se ha extendido hacia cualquier área que necesite de análisis de datos, de manera que también ha sido nombrado como *Statistical Product and Service Solutions*.

El uso de SPSS se basa en el dominio de dos ventanas diferentes, correspondientes a los datos y las variables:

- i) **Vista de Datos:** Aquí se muestran los datos mediante una hoja de cálculo. Representa la ventana en la que se introducen los datos a analizar.
- ii) **Vista de Variables:** En esta ventana se definen las variables con las que se va a trabajar, incluyendo etiquetas, tipo de datos, valores perdidos, entre otros (Figura 6).



	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	X1	Numérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	X2	Numérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
3	X3	Numérico	8	1		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
4	X4	Numérico	8	1		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
5	X5	Numérico	8	1		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
6											

Figura 6. Vista de variables de SPSS.

El software incluye una gran variedad de técnicas de análisis estadístico, incluyendo análisis descriptivo, contraste de medias, análisis de varianza, análisis de correlación, análisis de varianza factorial y covarianza. Pero también incluye otros tipos de análisis como el análisis de variables de respuesta múltiple o la transformación de datos (Bausela, 2005).

La interface de SPSS permite una sencilla navegación entre los distintos menús y cuadros de diálogo, sin embargo, como menciona Castañeda y col. (2010, p.16): “si el usuario no tiene experiencia previa utilizando SPSS o si sus conocimientos de estadística no están actualizados, es difícil discernir qué opciones seleccionar”.

El uso de estas herramientas tecnológicas ha podido reducir en gran medida la dificultad de realizar las técnicas de análisis estadístico, reduciendo a la vez el tiempo que esto conlleva. Sin embargo, aún queda la problemática correspondiente al criterio de selección de las técnicas estadísticas, así como la interpretación de los resultados dentro de un contexto biológico.

Es por esta razón que se recurre a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las cuales se han aplicado como una alternativa para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como la educación a distancia para poner a disposición de los usuarios de la estadística la información necesaria para llevar a cabo el proceso de análisis estadístico.

CAPÍTULO II

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC) Y EDUCACIÓN A DISTANCIA.

2.1.-Uso de las TIC en la educación.

En el área biológica, cada vez es más común el uso de las herramientas tecnológicas para facilitar el análisis y comprensión de los sistemas biológicos. Dentro de estas herramientas se utilizan también aquellas que apoyan al proceso de enseñanza-aprendizaje. Diversos autores han colaborado a la adopción de las herramientas tecnológicas para el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje, como Ramírez (2009: p.66) menciona que “la educación en línea es una potente herramienta para dar a conocer de una manera más rápida y a la vez eficiente, nuevas técnicas o métodos que se están utilizando en la investigación biológica de vanguardia”.

La implementación de las herramientas conocidas como Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), pueden desarrollar medios didácticos y pedagógicos que los procesos de enseñanza–aprendizaje de las diferentes temáticas que se manejan en el ámbito educativo, a tal punto de convertir las aulas en espacios virtuales donde la computadora es el medio en el cual se expone la información, aumentando así los niveles de percepción, atención y memoria en el procesamiento de los contenidos (Bejarano y col. 2006).

Una de las ventajas de utilizar las nuevas tecnologías, es la posibilidad de implementar un sistema de autoaprendizaje, en el cual la persona interesada es capaz de acceder a la información sin necesidad de un tutor presente, ya sea que el curso sea dirigido a un público sin conocimientos previos del tema o con las bases fundamentales para comprender los temas. Este tipo de modalidad es el *e-learning*.

El *e-learning* se define como un sistema que aprovecha las actuales infraestructuras de internet e intranet convirtiendo parte de éstas en un medio que permita la impartición de acciones formativas no presenciales, sin la necesidad de que las partes involucradas coincidan en espacio y tiempo, proporcionando un abanico de soluciones que promueven la adquisición de conocimiento, habilidades y capacidades (Rosenberg, 2001).

2.2.-Características de la educación a distancia

Entre las características que presenta la educación a distancia se encuentran:

- i)* Desaparece la limitación geográfica y temporal entre el usuario y el asesor, constituyendo así una herramienta asíncrona.
- ii)* Seguimiento del progreso del estudiante por medio de actividades de evaluación.
- iii)* Comunicación interpersonal a través de los recursos electrónicos, mediante las herramientas de chat, foros de discusión, entre otros.
- iv)* Acceso a la información y contenidos de autoaprendizaje.
- v)* Recuperación y apoyo a la docencia tradicional (Fernández, 2004), pudiéndose incorporar como un sistema de educación semi-presencial.
- vi)* Con el que el usuario tiene la libertad de revisar el contenido del curso en el momento que así lo desee (Cabero, 2005).
- vii)* Permite la combinación de diferentes materiales (auditivos, visuales, audiovisuales, entre otros).
- viii)* Representa una herramienta interactiva, tanto entre los participantes en el proceso (profesor y estudiantes) como con los contenidos.
- ix)* El ritmo de aprendizaje es regulado por el estudiante, con la posibilidad de una regulación del tiempo por parte del asesor si lo desea.
- x)* El contenido y la información pueden ser actualizados y adaptados de forma rápida y económica.
- xi)* Permite poner a disposición el curso a un número mayor de personas.
- xii)* Es accesible desde diferentes tipos de plataformas.

- xiii)* Capacidad de archivo para reutilizar y compartir el contenido y diseño del curso.
- xiv)* Pone a disposición de los alumnos un amplio volumen de información.
- xv)* Permite que en los servidores quede registrada la actividad realizada por los estudiantes, así como de la lista de participantes, la cual puede ser respaldada y recuperada en cualquier momento.
- xvi)* Se enfoca en el objetivo de aprendizaje más que en el medio de llevarlo a cabo (Macías, 2010).
- xvii)* Tiene a disposición del asesor un abanico en cuanto a las técnicas y metodologías de enseñanza.
- xviii)* Se dispone de un tiempo mayor para comprender el contenido, elaborar las actividades (dependiendo de la organización del curso) y participar en los foros de discusión.

Sin embargo, esta modalidad de enseñanza ha presentado ciertas desventajas en su desarrollo:

- i)* Requiere de ciertos recursos por parte del estudiante, como el dispositivo de acceso y una conexión a internet.
- ii)* Necesidad de cierto conocimiento para poder interaccionar en un entorno de procesamiento de información mediante la tecnología (ambiente telemático).
- iii)* Necesidad de adaptarse a nuevos métodos de aprendizaje diferentes a los cursos convencionales presenciales.
- iv)* Puede presentar problemas de derechos de autor respecto a los contenidos.
- v)* Se requiere contar con personal técnico de apoyo.
- vi)* Falta de retorno inmediato (retroalimentación o feedback) en el *e-learning* asíncrono Rodenes y col. (2013).

- vii)* Aumenta el tiempo de preparación del material en formato digital.
- viii)* No resulta cómodo para algunos.
- ix)* Requiere que los estudiantes tengan habilidades para el aprendizaje autónomo.
- x)* Existe una brecha digital, lo que conlleva a prescindir de los estímulos del entorno (Cabero, 2006).
- xi)* Se desarrolla de forma prioritaria la escritura sobre la oralidad (Morán, 2012).

2.3.-Aulas virtuales y entornos virtuales.

La modalidad de educación semi-presencial es posible a través de dos herramientas tecnológicas (siendo, por tanto, TIC); las plataformas virtuales y los entornos virtuales de aprendizaje (EVA).

Éstos últimos constituyen las herramientas que poseen la capacidad de gestión, desarrollo y organización de los métodos de enseñanza alojados en la web, basados en las capacidades del proveedor del servicio. Carmona y Rodríguez (2009: p.76) definen los entornos de la siguiente manera:

Un entorno virtual de aprendizaje es un espacio de aprendizaje mediado por la tecnología, ésta facilita la comunicación, el procesamiento y distribución de la información, permitiendo nuevas posibilidades para el aprendizaje y facilitando las interacciones entre los diversos actores que intervienen en las relaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje y permitiendo la creación y mantenimiento de comunidades (aulas) virtuales.

De este modo, es posible utilizar un entorno virtual para desarrollar un aula virtual con base en las necesidades y objetivos del curso.

A partir de estos entornos se pueden crear aulas virtuales, que se definen como “el empleo de comunicaciones mediadas por computadora para desarrollar un ambiente electrónico semejante a las formas de comunicación que se producen en el aula convencional” (Hiltz, Citado por Cabañas y Magaly, 2003: p.15).

Las aulas virtuales se componen de:

- a) **La descripción del curso** (perfil de ingreso, objetivos generales, normas, programa temático, personal docente). Lo cual brindará al usuario la información necesaria para iniciar su participación en el curso y conocer los temas y contenido que encontrará en el transcurso de su progreso.
- b) **Agenda o calendario con la programación de las actividades.** Necesario para dar a conocer a los usuarios el seguimiento que se le dará al curso, de manera que estén siempre informados en cuanto a la organización del curso.
- c) **Página o sección de avisos generales.** Sirve para hacer saber sobre las novedades, aclaraciones o noticias por parte del asesor del curso.
- d) **Directorio de los estudiantes inscritos, profesores y personal técnico.** Como parte de la organización del aula, resulta necesario llevar un control del curso.
- e) **Foros de discusión para los diversos temas.** Este recurso brinda la posibilidad de intercambio de ideas y experiencias de forma asíncrona entre los usuarios del aula, tanto entre ellos como con el asesor, de forma que se desarrolle un espacio de retroalimentación.

De acuerdo con la definición de Cabañas y Magaly (2003), un aula virtual contiene las herramientas que permitan:

- a) **Distribuir la información.** El diseño del aula virtual se debe realizar pensando en el acceso que tendrán los usuarios a la información. Dicha información debe estar disponible para la descarga o impresión, según sea el caso, y debe diseñarse específicamente para el curso en línea.
- b) **Intercambio de ideas y experiencias.** Es necesario que el aula virtual disponga de una herramienta que permita la interacción entre profesor-alumno, así como entre alumnos para crear un ambiente propicio para el intercambio de información y retroalimentación, esta función se puede realizar mediante la incorporación de foros de discusión o chat.

- c) **Aplicación y experimentación de lo aprendido.** El proceso de aprendizaje involucra la aplicación de los conocimientos, de modo que el curso debe contar con ejercicios de aplicación a situaciones similares a las que se enfrentarán dentro del campo de aplicación. Estos recursos deben contar con el apoyo del asesor a modo de dar auxilio a los temas complicados para los usuarios.
- d) **Evaluación de los conocimientos.** Además de la aplicación de los conocimientos, el alumno se evalúa periódicamente para dar un parámetro que mida el nivel de su progreso, y de esta manera comprobar si se están alcanzando los objetivos del curso.
- e) **Seguridad y confiabilidad en el sistema.** Un aspecto importante es cuidar que el alumno se sienta con la confianza al momento de trabajar dentro del aula virtual, siendo un espacio en el que se sienta libre de expresar y comunicar sus ideas, sabiendo que el estudio que realiza está respaldado por el apoyo del asesor y con la confianza de saber que sus datos están seguros dentro del entorno. A la vez es importante que el usuario tenga la certeza de estar trabajando en un entorno que posee información confiable y de cierto grado de seriedad, por lo que es responsabilidad del asesor proveer información de calidad, así como asegurar la estabilidad del sistema para evitar errores dentro del mismo.

Conociendo las posibilidades que ofrecen los entornos virtuales, se puede dirigir el desarrollo del aula analizando las necesidades y metas del proceso de enseñanza, así como los procedimientos de evaluación del aprendizaje (lo que se denomina como diseño instruccional). Según Williams y col. (2004), el diseño instruccional se utiliza para describir el proceso en que:

- a) Se analizan las necesidades de aprendizaje y el entorno donde se manifestarán.
- b) Se definen los objetivos de la formación.
- c) Se escogen los recursos más adecuados teniendo en cuenta los procesos de aprendizaje.
- d) Se desarrollan los contenidos y las actividades.
- e) Se diseña la evaluación.

Actualmente, se puede acceder a diferentes plataformas educativas como entornos virtuales, que pueden ser comerciales como *WebCT-Blackboard*, *Lotus LearningSpace*, *Sakai Project*, *FirstClass*, o gratuitos como son *Moodle*, *Dokeos*, *Claroline* o *ATutor*, por citar algunos. En

2013, Sanchis realizó un análisis comparativo de diversas plataformas educativas, concluyendo que “*Moodle, Blackboard y Sakai* se muestran como los más usados y relevantes”, debido a funcionalidades extra, facilidad para el uso y herramientas más desarrolladas.

2.4.-Moodle.

Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) es un sistema de gestión de contenidos educativos (CMS) que posibilita la organización de cursos a partir de la creación y combinación de recursos educativos gestionados dentro de la misma plataforma. Ésta promueve un esquema de enseñanza-aprendizaje colaborativo donde el estudiante es protagonista activo en su propia formación, por lo que el papel del profesor puede ir más allá de la administración de conocimiento a través de materiales dirigidos al estudiante sino que su función es crear un ambiente apropiado, que le permita al estudiante construir su propio conocimiento a partir de las orientaciones del profesor, los materiales didácticos y los recursos y actividades que proporciona el sistema (Pérez y col; 2008).

Esta aplicación se encuentra disponible de manera gratuita para asesores que necesiten desarrollar sitios de aprendizaje en línea, disponible en 70 idiomas, y en constante crecimiento y actualización. Moodle cuenta con más de 20 tipos diferentes de actividades (Clarenc, y col. 2013) entre los que se encuentran foros, glosarios, wikis, tareas, encuestas, bases de datos, exámenes, entre otros, por lo que resulta de utilidad para diversos planteamientos de cursos en línea.

En la UNAM, se han implementado diversos cursos virtuales para apoyar a la comprensión de múltiples temas, un ejemplo es el trabajo de González y Olguín (2013), quienes desarrollaron un ambiente virtual de estadística descriptiva en la FES Acatlán, centrando su uso en los objetos de aprendizaje⁴, como fueron imágenes, diseño de interface, metadatos e hipervínculos, concluyendo que de esta forma es posible individualizar el aprendizaje en base a los intereses, necesidades y estilos de aprendizaje de los alumnos.

⁴ Los objetos de aprendizaje se definen como “la unidad mínima de aprendizaje, en formato digital, que puede ser reutilizada y secuenciada” (Naharro y col; 2004, p.4). En este trabajo se entenderán como los recursos electrónicos desarrollados para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los esfuerzos por promover el adecuado uso de las herramientas estadísticas y su aplicación en las ciencias biológicas se han visto reflejados en trabajos como los siguientes, destacando a la vez el uso de diferentes software como apoyo al proceso de enseñanza de los métodos y fundamentos estadísticos y la aplicación de los mismos.

Anteriormente se han realizado trabajos referentes al uso del software estadístico para el análisis e interpretación de datos biológicos, demostrando la aplicabilidad de los métodos estadísticos para el análisis de datos de este contexto.

En 1993, Ochoa describió en su trabajo titulado “Coordenadas principales, una herramienta de análisis estadístico multivariado aplicable a estudios biológicos” el uso del software NTSYS-PC para el análisis estadístico de matrices por métodos multivariados, y la obtención de gráficos, aplicándolo a un estudio de taxonomía, distribución y descripción de los suelos del Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo, mediante el análisis de un conjunto de datos perteneciente a seis perfiles de suelo. En este trabajo se aplicó el Análisis de Coordenadas Principales para la identificación de los perfiles y el mapa de distribución de suelos.

Gutierrez (1995) describe el fundamento y aplicación en las ciencias biológicas del método de análisis de correspondencias, mediante el software CORAN, aplicado a un estudio de la distribución de 12 especies de arañas cazadoras en un área de dunas, estableciendo así la distribución de las especies con respecto a las variaciones ambientales.

En el trabajo “Estadística circular; Herramienta para analizar y modelar las trayectorias de escape en la relación presa-depredador de *Litopenaeus setiferus* y *Callinectes sapidus*”, Reyes (2005) describió en el fundamento, aplicación e interpretación de la estadística circular mediante el software ORIANA. Este trabajo se complementa con el manual de “Estadística circular: Herramienta para analizar datos angulares en Biología” de Reyes y col. (2009), en el que se exponen los fundamentos de la estadística circular y su aplicación a diversos estudios biológicos.

Por otro lado, Caballero (2013) en su trabajo titulado “Usos tecnológicos para la enseñanza de las Matemáticas” describe su experiencia en el uso tecnológico para la enseñanza de las matemáticas, haciendo uso de tres software (Mathematica, Maple y Matlab) para aprender su uso al resolver ecuaciones diferenciales, límites, entre otros temas. El trabajo consiste en la

explicación de la solución de problemas planteados mostrando los pasos y comandos usados en el software, concluyendo que “con la llegada del uso de las tecnologías en la enseñanza, se abre la oportunidad para que estos software sean tomados en cuenta” (p.29).

Anteriormente se han trabajado otros sistemas de educación a distancia para la enseñanza de la estadística, así como para la enseñanza de temas biológicos, concluyendo que la educación a distancia proporciona un medio de apoyo a la docencia, que pone a disposición de los usuarios las herramientas necesarias para abordar los temas en estudio de una manera sencilla y asíncrona, como ejemplo de éstos, se presentan los siguientes.

Dentro de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza se han elaborado manuales para el manejo de software estadístico, materiales sobre modelación en biología (Cervantes y col. 2014), además de un diplomado en línea sobre Estadística Práctica para el Análisis de Datos (Marques y col. 2010) incluyendo los temas de estadística descriptiva, estadística inferencial, control de calidad, diseño de experimentos y análisis de regresión. Entre las conclusiones de este trabajo se encuentra que “La falta de conocimientos y habilidades para el manejo de paquetes estadísticos como el STATGRAPHICS y SPSS, es uno de los problemas que se debe subsanar” (p.11), ya que a nivel Licenciatura no se posee un dominio de los programas de cómputo aplicados al análisis estadístico de datos.

La aplicabilidad de las herramientas tecnológicas no se limita a la enseñanza de las herramientas estadísticas; dentro de la biología se pueden citar el uso de las TIC para el desarrollo de una base de datos on-line para la difusión de colecciones biológicas, información bibliográfica y datos provenientes de la colecta de ejemplares y trabajos de campo (Cervantes y col. 2008), estos autores concluyen que: “Los resultados que se tienen hasta el momento muestran, a profesores y alumnos de la carrera de Biología, que la computación y la biología se pueden llevar de la mano. Generando una opción de manejo y difusión de la información biológica” (p.244).

A partir de estos antecedentes es posible afirmar lo siguiente:

- La estadística como herramienta de análisis de datos tiene un gran potencial dentro de las ciencias biológicas, ya que su aplicación se extiende a la descripción de los datos, así como su análisis a partir de muestras tomadas del objeto de estudio, para llegar a una interpretación de los sistemas biológicos, esto se ha reforzado a partir de diversos trabajos enfocados en su uso.

- El uso de las TIC tecnología se ha extendido al área biológica aprovechando las ventajas que los diversos programas confieren al estudio de los sistemas biológicos.
- La educación a distancia se apoya en la tecnología computacional e informática para facilitar los medios de comunicación y transmisión de la información a los usuarios de estas herramientas, lo cual resulta ser de utilidad en la enseñanza de temas complicados o complejos.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un prototipo de entorno virtual dentro de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza para la correcta selección, aplicación e interpretación de los métodos estadísticos a situaciones reales de análisis de datos, como una herramienta de apoyo a los usuarios de la estadística en biología.

Objetivos particulares.

- Elaborar una guía sobre los criterios de elección de un método estadístico adecuado con base en el tipo de datos disponible y el objetivo que se persigue.
- Construir guías de uso de tres paquetes estadísticos (*Statgraphics*, *R Commander* y *SPSS*) para la aplicación de los métodos descritos, abarcando la secuencia del proceso y/o comando, con base en el análisis de datos recurrentes del área biológica.
- Describir las formas adecuadas de interpretación ante los resultados de cada técnica, obtenidos por cada programa estadístico con base en el enfoque biológico que se aplique a proyectos reales de investigación.
- Desarrollar un entorno virtual dentro del Campus Virtual de la FES Zaragoza, a través de la plataforma Moodle; agregando actividades de evaluación, discusión y seguimiento del progreso de los usuarios del aula.

JUSTIFICACIÓN

Dentro de las ciencias biológicas existe la dificultad para la aplicación de las técnicas estadísticas, comunes dentro de los proyectos de investigación, esta problemática comienza por el desconocimiento de las técnicas adecuadas de análisis para el tipo de datos obtenidos, la complejidad del análisis o del manejo de un programa para el análisis estadístico o porque las formas de interpretación muchas veces no están claras, y no se ven explicadas en la bibliografía actual bajo el enfoque biológico, lo cual resulta primordial para los investigadores del área.

Aprovechando la potencia que tiene el uso y aplicación de las TIC, así como las ventajas de la modalidad de educación a distancia, como son la asincronía del sistema, disponibilidad de la información en el momento requerido, seguimiento del usuario, entre otros, se propone una guía de selección de las técnicas adecuadas de análisis de datos dentro del entorno, junto con los procedimientos de aplicación de las técnicas y la interpretación de los resultados.

De esta manera, el entorno virtual sirve como una herramienta para proveer la información necesaria, compilada y depurada de diversas fuentes, expresada en un lenguaje sencillo sin perder la calidad de la información, partiendo del análisis exploratorio de datos y del diseño experimental, además de contener las herramientas para el seguimiento del progreso del usuario.

MÉTODO

Este trabajo se dividió en 2 fases: el diseño del curso y el desarrollo del aula virtual, los cuales se explican a continuación.

I. Diseño

En esta fase se realizó el contenido del curso, para lo cual se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica, una organización, depuración, síntesis y sistematización referente a los conceptos, métodos y técnicas estadísticas de uso más común y utilizados en biología, consultando para ello artículos con un enfoque estadístico y biológico, tesis, libros, entre otros recursos.

Con esta información, se estableció el contenido que comprendió el aula virtual, el cual se dividió en tres módulos:

i) Estadística Paramétrica. Abarca los temas que dan pauta al estudio de las herramientas estadísticas, con aplicación a aquellos conjuntos de datos que siguen los supuestos necesarios para esta clase de análisis.

- Estadística Descriptiva
- Estadística Inferencial
- Análisis de Varianza
- Análisis de Regresión y Correlación

ii) Estadística no paramétrica. Dedicada al análisis de aquellos conjuntos de datos que no siguen un comportamiento normal, lo cual ocurre con frecuencia dentro de las investigaciones biológicas.

- Análisis de Contingencia y Correlación
- Pruebas con una muestra
- Pruebas con varias muestras
- Correlación Por Rangos

iii) Estadística Multivariada. Este módulo se enfoca a los temas donde se analizan diversas variables a la vez, e incluye técnicas tanto de Ordenación como de Clasificación.

- Análisis de Componentes Principales (ACP)
- Análisis de Conglomerados (Cluster)
- Análisis de Discriminantes

Una vez contemplados los temas y subtemas, se elaboró una tabla de criterios para la elección de los métodos estadísticos, enfocándose en el tipo de datos que comúnmente se encuentran en las investigaciones biológicas, así como los objetivos que persiguen estas investigaciones.

Se afinó la búsqueda de datos biológicos, para ser utilizados como ejemplos y ejercicios dentro del aula. Para estos datos se buscó que se cumplieran los supuestos de cada técnica, para seleccionar una técnica estadística adecuada.

Una vez planteados estos aspectos, se hizo un concentrado de los principales puntos a presentar en cada tema abordado, buscando utilizar un lenguaje simple, pero sin perder la calidad de la información, se explicaron los fundamentos teóricos de cada método analizado y la resolución de, muchos de ellos realizados a mano.

Se elaboraron manuales de aplicación de los métodos estadísticos mediante los programas SPSS, R *Commander* y *Statgraphics*, a través de ejemplos y su aplicación biológica, procurando que sea explícita la secuencia de comandos y selección de opciones por pasos, hasta llegar al resultado final. Dentro de estos ejemplos se describieron las formas adecuadas de interpretación ante los resultados de cada técnica, obtenidos por cada programa estadístico y para cada resultado obtenido.

Para complementar el curso, se seleccionaron varios conjuntos de datos biológicos, en los cuales se describe el objeto de estudio para el análisis pertinente y así ser realizados por el alumno.

Instrucción del uso de SPSS, R-*Cmdr* y *Statgraphics* por medio de los manuales de “*SPSS. Una herramienta para el análisis estadístico de datos*” (Cervantes y col. 2004), “*Análisis Estadístico. Un enfoque práctico con Statgraphics*” (Cervantes y col. 2006) y “*Manejo práctico del software de análisis estadístico R*” (Cervantes y col. 2009).

Con los aspectos teóricos resumidos, depurados y explicados en el diseño y listos para ser implementados en el aula virtual se hizo la selección del medio en el cual desarrollar el aula, optándose por Moodle, por ser la plataforma en la cual está desarrollado el campus virtual de la FES Zaragoza, además de ser fácil de usar en la etapa de desarrollo, manejo y versatilidad, así como en la manera de organizar los materiales.

Con el software de desarrollo del aula, se procedió a definir la estructura del curso en el aula, con base en los temas principales de la Estadística Paramétrica, Estadística no Paramétrica y Estadística Multivariada, mientras que los subtemas se arreglaron dentro de estos módulos de manera jerárquica, partiendo de los temas más simples y de mayor aplicación en las investigaciones biológicas, a los de mayor complejidad y uso menos frecuente en estas investigaciones.

Se adicionaron imágenes alusivas a los temas desarrollados, diagramas de flujo, tablas, gráficos y capturas de pantalla como elementos didácticos para mejorar el aprendizaje en línea y añadiendo las alternativas de interpretación ante resultados distintos a los ejemplos. Posteriormente estos archivos fueron exportados en formato .pdf para reducir el tamaño de los mismos.

También se incluyeron manuales de uso de software, tales como *SPSS. Una herramienta para el análisis estadístico de datos* (Cervantes y col. 2004), *Análisis Estadístico. Un enfoque práctico con Statgraphics* (Cervantes y col. 2006) y *Manejo práctico del software de análisis estadístico R* (Cervantes y col. 2009) haciendo la referencia bibliográfica correspondiente. Dentro de cada uno de los temas, se agregó la descripción del tema, así como los supuestos necesarios para realizar un análisis de ellos.

Se incluyó la guía de criterios para la elección de las técnicas apropiadas, desarrollada de manera previa a partir del ejercicio metodológico de la información a incluir en el aula, conjuntándose en una tabla que localiza las técnicas estadísticas por medio del objetivo del análisis y el tipo de datos, agregándose la explicación de su uso.

Para mejorar la comprensión del uso de *R Commander*, se crearon videos explicativos para el manejo del software, en los cuales se explicitan los ejemplos desarrollados en cada tema. En estos videos se muestra el proceso de uso del software añadiendo indicaciones en forma de cuadros de diálogo y explorando las capacidades del software para la solución, alternativas de uso dentro de los comandos y muestra de resultados en pantalla.

II. Implementación

La configuración del curso se estableció para ser clasificado dentro del Campus Virtual en la categoría de Ciencias Químico Biológicas -> Biología -> Matemáticas y Estadística para Biología, y se definieron los tres temas principales definidos en el diseño previo, adicionando la bienvenida al curso y el propósito que se persigue en cada en cada sección.

Dentro del aula se agregaron elementos de administración para los usuarios tales como navegación dentro del entorno virtual, participantes en el curso, ajustes de perfil, calificaciones, sección de búsqueda dentro de los foros, enlaces de sección y tabla de contenidos. También se añadieron herramientas de organización como: sección de noticias, eventos próximos, actividad reciente, calendario y reloj interno.

El curso promueve la implementación de un diseño instruccional, mediante la incorporación de las herramientas para añadir actividades de evaluación y seguimiento del progreso del estudiante, como son actividades a desarrollar, ejercicios, exámenes, foros y chat; las actividades a desarrollar y ejercicios tienen la finalidad de apoyar al usuario mostrándole correcciones en el proceso de análisis de datos, así como en la interpretación de las problemáticas planteadas.

Para el caso de los exámenes, se incluyeron los mismos que se habían elaborado, agregando preguntas que aprovecharan las capacidades de Moodle, incluyendo preguntas de opción múltiple, arrastre de respuestas, entre otros por cada unidad y programándolos para que sean auto-evaluables.

III. Prueba y Depuración del Curso

Se realizó una prueba con 15 alumnos, utilizando diferentes recursos computacionales, donde se les pidió que ingresaran al aula virtual elaborada y revisaran el contenido, del curso (presentación, objetivo del curso, unidades, subtemas). Durante 3 horas, los alumnos revisaron los materiales digitalizados, videos, actividades, foros y resolvieron algunos de los ejercicios planteados. Esta actividad se realizó para comprobar tanto la funcionalidad y que el sistema realice las acciones para las cuales fueron diseñadas las diferentes formas de acceder a la información. Una vez terminada esta actividad, se les aplicó un cuestionario para conocer cuál era la percepción de los alumnos al utilizar el aula y a la vez medir la usabilidad del sistema. Este cuestionario contiene 16 preguntas (Figura 7), en la cual se pregunta al usuario su percepción acerca del aula virtual; cómo califica la organización de los temas, (portada, introducción, organización), así como de los materiales incluidos (presentación, imágenes, contenido, referencias). El cuestionario incluye también una sección para sugerencias sobre el contenido y el entorno en general.

<p style="text-align: center;">CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN DE LOS MATERIALES ELECTRÓNICOS DEL MANUAL DE PRACTICAS DE LA MATERIA:</p> <p>Propósito: se desea conocer la percepción que se tiene del aula de Taller de Análisis Estadístico de datos, en su nuevo formato electrónico, con el fin de mejorarlo para hacerlo más útil y atractivo, para lo cual se le pide el favor de contestar el presente cuestionario.</p> <p>Nombre _____ grupo _____ Docente () Alumno ()</p> <p>Módulo que desea criticar: () Paramétrica () No paramétrica () Multivariada</p> <p>Número de tema que desea criticar: () 1; () 2; () 3; () 4</p> <p>Instrucciones: marque sobre la letra con una X la respuesta que considere adecuada, recordando que no existen respuestas malas o buenas:</p>	<p>12. ¿Considera que la presentación del problema y las referencias del tema es?</p> <p>a) Pésima b) Mala c) Regular d) Buena e) Muy buena</p> <p>13. ¿Cómo considera que te ayudó el manual electrónico en el desempeño académico del análisis de datos?</p> <p>a) Nada b) Poco c) Algo d) Bastante e) Mucho</p> <p>Instrucciones: responda brevemente los siguientes cuestionamientos, si desea más espacio, puede agregar hojas adicionales.</p> <p>14. ¿Qué mejoraría de la práctica en cuestión de contenido teórico?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>15. ¿Qué mejoraría de la práctica electrónica en aspectos como imágenes, cuadros, gráficas, colores etc., para hacerla más atractiva?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>16. ¿Qué comentarios adicionales tiene sobre el aula (contenido, organización, presentación o cualquier otro rubro)?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">¡Gracias por su colaboración!</p>
<p>1. ¿Cómo percibe la calidad de la portada del aula?</p> <p>a) Pésima b) Mala c) Regular d) Bien e) Muy bien</p> <p>2. ¿Considera que la introducción le motiva a leer el contenido?</p> <p>a) Nada b) Poco c) Algo d) Bastante e) Mucho</p> <p>3. ¿Cómo considera las imágenes con base en la resolución, colores, entre otras cuestiones técnicas que se presentan?</p> <p>a) Pésimas b) Malas c) Regulares d) Buenas e) Muy buenas</p> <p>4. ¿Cómo considera los gráficos y cuadros que se presentan?</p> <p>a) Pésimos b) Malos c) Regulares d) Buenos e) Muy buenos</p> <p>5. ¿Considera que la presentación de los objetivos y procedimiento del tema es?</p> <p>a) Pésima b) Mala c) Regular d) Buena e) Muy buena</p> <p>6. ¿Cómo considera el contenido del método del tema?</p> <p>a) Pésimo b) Malo c) Regular d) Bueno e) Muy bueno</p> <p>7. ¿Cómo considera las imágenes que se presentan en el tema, con respecto a la temática del mismo?</p> <p>a) Pésimas b) Malas c) Regulares d) Adecuadas e) Excelentes</p> <p>8. ¿Considera que la cantidad de imágenes son:</p> <p>a) Muy pocas b) Pocas c) Regular d) Suficientes e) Muchas</p> <p>9. ¿Cómo considera la presentación electrónica del método del tema?</p> <p>a) Pésima b) Mala c) Regular d) Buena e) Muy buena</p> <p>10. ¿Considera que el cuadro de métodos estadísticos facilita el desarrollo de las actividades prácticas?</p> <p>a) Nada b) Poco c) Algo d) Bastante e) Mucho</p> <p>11. ¿Cómo considera la organización de los temas?</p> <p>a) Pésima b) Mala c) Regular d) Buena e) Muy buena</p>	

Figura 7. Cuestionario de percepción de los materiales electrónicos.

IV. Recursos software utilizados para el desarrollo

En el desarrollo del aula virtual se utilizaron los siguientes software:

Aula virtual – Plataforma Moodle versión 2.5. Para la implementación del curso en un aula virtual, en una modalidad de educación a distancia.

IBM SPSS *Statistics* versión 22 y *Statgraphics* versión 16.1.11 Para la realización de cálculos para resolver los ejercicios mostrados en el curso.

R versión 3.1.3 y *Commander* versión 2.2-2 Utilizado junto con el complemento *Commander*, buscando hacer más accesible y cómodo el uso de este entorno de programación. Para la realización de cálculos para resolver los ejercicios mostrados en el curso.

Microsoft Office 2010 versión 14.0.719.5000 (Word y Excel)

Adobe Acrobat y Adobe Reader XI. Para aumentar la protección de los archivos a la edición por parte de terceros, así como para disminuir el tamaño de los archivos, se exportaron los archivos de Word terminados a formato .pdf, guardándose en el entorno virtual de esta manera.

Screen2exe versión 3.7. El manejo de R fue respaldado con el desarrollo de videos de este software, realizando el proceso de cálculo y apoyándose de cuadros de diálogo para una mejor explicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño

Se definieron los temas a incluir dentro del curso, estableciendo tres principales por la marcada diferencia en su fundamento y en su aplicación en el análisis de datos, estos son: Estadística Paramétrica, Estadística no Paramétrica y Estadística multivariada. Los subtemas de establecieron de acuerdo al orden jerárquico definido anteriormente. El diseño del temario se hizo pensando en abarcar análisis tanto descriptivos como inferenciales, así como contemplar los métodos paramétricos y no paramétricos.

De esta manera se delimitaron los siguientes temas:

I. Estadística Paramétrica: Abarca los métodos de análisis de datos que se aproximan a una distribución normal, así como los supuestos de homocedasticidad e independencia en los casos de análisis de varianza y regresión

i) Estadística Descriptiva. Dentro de este tema se encuentran los métodos de análisis exploratorio de datos, así como los métodos para realizar gráficos de los datos. Éstos tienen la finalidad de facilitar la identificación de los componentes importantes dentro de los datos muestreados, de manera que sea fácilmente identificable algún dato extraordinario, producto entre otras causas, de un error en la medición, y de esta forma poder actuar para verificar los datos obtenidos.

Este tema consta de 1 documento en formato .pdf de 15 páginas con la introducción y explicación teórica del tema y abarcando los siguientes rubros:

I. Análisis Exploratorio de Datos (AED).

- Medidas de Tendencia Central.
- Medidas de dispersión.

II. Tablas y gráficas.

- Diagrama de tallo y hoja
- Tablas de frecuencias
- Diagramas de caja y bigotes
- Histogramas
- Polígono de frecuencias
- Ojiva
- Diagrama de sectores

En este tema se incluyen tres ejemplos, los cuales tratan de explotar las capacidades particulares de cada software para la representación de tablas y gráficos, haciendo análisis de un solo conjunto de datos, o dos conjuntos de forma comparativa; a la vez, se incluye la descripción de un conjunto de datos con dos variables asociadas y clasificadas en grupos, y la manera de representar datos en columnas apiladas.

Se describen las diferentes formas de realizar gráficos de datos continuos o discretos, porcentajes, agrupaciones, entre otros aspectos, ya que los diferentes gráficos y diagramas poseen características únicas que resultan de mayor utilidad que otros dependiendo de la finalidad de la investigación.

ii) Estadística Inferencial. En este apartado se explican las técnicas para realizar la toma de decisiones sobre una población de estudio (la cual puede ser un organismo, un conjunto de organismos, un ecosistema u otro objeto de interés en la investigación), con base en la información parcial tomada mediante el muestreo de la población, todo de acuerdo a un nivel de confianza establecido. También se describe la forma de diseñar intervalos de confianza, los cuales se utilizan para estimar el valor real de alguna variable dentro de la población, considerando la variación (varianza) dentro de ella.

Para este tema se diseñó un documento en formato .pdf de 7 páginas con la introducción al tema, con el siguiente contenido:

I. Intervalos de Confianza

II. Pruebas de hipótesis

- Teorema central del límite
- Pruebas con una muestra
- Pruebas con dos muestras independientes
- Pruebas con dos muestras pareadas
- Tipos de errores

Para una mejor explicación de este tema se desarrollaron tres ejemplos correspondientes al análisis de una sola muestra, dos muestras independientes y dos muestras pareadas. El análisis de estos datos incluye la elaboración de intervalos de confianza para los datos analizados.

Estos métodos de análisis se utilizan para contrastar el valor de cierto parámetro reflejado en la muestra con un valor teórico, o comparar dos muestras (independientes o pareadas) entre sí, lo cual resulta útil si se desea comprobar el cambio en una variable de respuesta tras la alteración de algún componente de la población bajo estudio. Para ello, es indispensable revisar los supuestos a cumplir, tipo de datos tomados, número de muestras, objetivo del análisis, posteriormente realizar el análisis de acuerdo a los criterios de decisión.

iii) Análisis de Varianza. En este apartado se hace una descripción de qué es el análisis de varianza, su aplicación y las características que presenta para comprobar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias cuando se tienen más de dos muestras o tratamientos de una misma población. De esta forma, si se acepta la hipótesis nula de que todas las medias poblacionales son iguales; se puede concluir que las diferencias observadas entre las medias muestrales se deben a la variación en el muestreo. Al rechazar la hipótesis nula, se asume que las diferencias son demasiado grandes como para deberse únicamente a la casualidad o a variaciones del muestreo y, por tanto, alguna media poblacional es diferente, de esta manera es posible utilizar este análisis para comprobar si existe un cambio entre tres o más tratamientos experimentales. Las pruebas de comparaciones múltiples de medias identifican los grupos específicos entre los que se encuentran diferencias significativas.

El tema contiene un archivo en formato .pdf de 10 páginas en donde se da la introducción al tema y se desarrollan los apartados:

- I. ANDEVA de 1 factor completamente al azar
- II. ANDEVA de 1 factor con bloques al azar
- III. ANDEVA de 2 factores completamente al azar
- IV. Cuadrados latinos

Los dos ejemplos elaborados sobre este tema explican la realización de un análisis de varianza de 1 factor y con cuadrados latinos; partiendo desde la comprobación de supuestos, el cálculo de la tabla de ANOVA, elaboración de gráficos y comparaciones múltiples de medias, con su respectiva interpretación. Este análisis abarca la evaluación del error entre tratamientos y dentro de los tratamientos, y va seguido del análisis de comparaciones múltiples de medias en los casos donde se rechace la igualdad de medias de los tratamientos.

iv) Análisis de Regresión y Correlación. Resulta muy común el tipo de investigación en la que se evalúa la relación entre una variable de respuesta a una variable controlada. Sin embargo, al tratarse de sistemas biológicos, la respuesta no puede ser estimada con total seguridad, sino que está sometida a un valor de probabilidad, debido a las múltiples interacciones y factores (que pueden ser desde genéticos hasta condiciones ambientales) que ocurren no pueden ser controlados del todo.

El archivo teórico desarrollado en formato .pdf de 10 páginas contiene los temas siguientes:

- I. Diagramas de dispersión
- II. Regresión lineal simple
- III. Análisis de correlación

En un solo ejemplo elaborado en este tema se explica la gran cantidad de información que puede brindar un análisis de regresión, partiendo de la elaboración del diagrama de dispersión, ecuación de regresión, análisis de varianza, coeficiente de correlación, entre otros.

Este tipo de análisis tiene la finalidad de encontrar el tipo de relación y grado de asociación de dos variables, además de ofrecer la posibilidad de realizar estimaciones con base en la ecuación de regresión, dependiendo de la magnitud en el grado de asociación entre las variables. Usualmente es aplicable cuando se mide una variable de respuesta ante la variación de otra variable presuntamente asociada.

II. Estadística no Paramétrica: Debido al objeto de estudio dentro de las ciencias biológicas, las muestras y las variables que se miden en ellas usualmente no se ajustan a una distribución normal, es por esto que se debe recurrir con frecuencia a los métodos que no dependan del cumplimiento de supuestos (normalidad, homocedasticidad e independencia), como son los métodos no paramétricos, estos pueden trabajarse con datos tanto cuantitativos como cualitativos y se basan en la mediana, una medida de tendencia central que no se ve influenciada por valores extremos.

i) Análisis de Contingencia y Asociación. Dentro de este tema se incluye el método de bondad de ajuste, el cual se puede utilizar para comprobar la normalidad por medio de la distribución de ji-cuadrada, lo cual es necesario para definir si se seguirá un análisis paramétrico o no paramétrico. Se incluye también la prueba de asociación, mediante la construcción de una tabla de contingencia.

De este modo se elaboró un archivo en formato .pdf de 6 páginas dividido en los siguientes subtemas:

- I. Bondad de ajuste
- II. Prueba de independencia
- III. Fórmula corregida de Yates
- IV. Interpretación

Para cada subtema se desarrolló un ejemplo (tres en total), ejemplificando la comprobación del ajuste de un conjunto de datos a la distribución normal y, por otro lado, la prueba de independencia para tablas de contingencia, así como la corrección por continuidad de Yates para tablas 2x2, necesaria por el cálculo de probabilidad mediante la aproximación de una variable discreta (frecuencias observadas) a una distribución continua (χ^2).

Las pruebas de bondad de ajuste rara vez son utilizadas dentro de las investigaciones biológicas, salvo el análisis de ajuste en la normalidad, lo cual resulta esencial para conocer si los datos muestreados cumplen con el supuesto de normalidad. Un caso más utilizado en el área son las pruebas de correlación por medio de las tablas de contingencia, aplicados en estudios donde se desea conocer la influencia de una variable en otra de interés, tratándose de datos de conteos o frecuencias.

ii) Pruebas con una muestra. En este tema se presenta el método de Wilcoxon para el análisis de una muestra al compararse con un valor teórico, así como la alternativa de realizar el análisis por el signo de la mediana. Los métodos resultan útiles en casos en los que se han muestreado organismos que no se comportan bajo una distribución normal de las variables estudiadas.

Los temas establecidos fueron los siguientes, presentados en un archivo .pdf de 4 páginas:

- I. Prueba del rango con signo
- II. Prueba de Wilcoxon
- III. Interpretación

Se elaboró un ejemplo sencillo sobre la aplicación de las pruebas no paramétricas para un conjunto de datos, habiendo rechazado la normalidad, dado que el conjunto de datos presentó dos modas.

iii) Pruebas con varias muestras. Para los casos en los que se establecen varios tratamientos, resulta frecuente el incumplimiento de algún supuesto para realizar un análisis de varianza, sobre todo si se trabaja con organismos o sistemas abiertos. Para estos casos se trabaja la prueba de Kruskal-Wallis.

En este caso el archivo en formato .pdf elaborado abarcó los temas siguientes:

- I. Prueba del signo de la mediana
- II. Prueba de Kruskal-Wallis
- III. Interpretación

En este tema se muestra la aplicación de una prueba de Kruskal-Wallis luego de rechazar el supuesto de Homocedasticidad en las muestras, así como la interpretación a partir de las muescas del diagrama de caja con bigotes.

1.4.4.- Correlación Por Rangos. Además de la colecta de datos cuantitativos en las investigaciones biológicas, es normal realizar investigaciones en las que el objeto de muestreo sea de tipo cualitativo. La prueba no paramétrica de correlación por rangos de Kendall (para muestras de gran tamaño) y de Spearman (muestras de tamaño pequeño) ayudan a determinar si existe una correlación estadísticamente significativa entre dos variables.

Por tanto, se elaboró un archivo teórico .pdf de 5 páginas explicando con mayor detalle estos temas:

- I. Coeficiente de correlación de Spearman
- II. Coeficiente de correlación de Kendall
- III. Interpretación

Para este ejemplo se utilizó un conjunto de datos que se demostraron ser no normales debido a los valores residuales, contrastando los valores obtenidos contra los valores calculados. El conjunto de datos presentados se analiza por las pruebas de Spearman y Kendall.

III. Estadística Multivariada: El estudio de los sistemas biológicos conlleva la interacción de múltiples factores y condiciones, las cuales no siempre pueden ser controladas. Por esta razón, resulta factible analizar múltiples variables del sistema en estudio, a modo de recolectar la mayor información posible. En los métodos de análisis multivariados, se toman mediciones de más de dos propiedades a cada uno de los individuos evaluados, logrando así un mejor entendimiento del objeto de estudio. Estos métodos son más utilizados dentro de los estudios ecológicos.

i) Análisis de Componentes Principales ACP. El análisis de Componentes principales es útil cuando se tiene una gran cantidad de variables, y se busca reducir esta cantidad sin perder información verdaderamente útil. Con este análisis es posible ubicar aquellas variables que tienen un mayor efecto en la variable final de respuesta e interés.

El tema se abarca desde estos puntos, dentro del archivo teórico .pdf de 16 páginas:

- I. Estandarización
- II. Matriz de correlaciones
- III. Eigenvalores
- IV. Identificación de Componentes Principales
- V. Interpretación

El ejemplo empleado para este tema incluye todo el proceso de análisis para un conjunto de datos, incluyendo el cálculo de los valores descriptivos, la tabla de correlaciones, cálculo de los eigenvalores, ponderando los componentes principales para su elección, así como el análisis del gráfico elaborado.

ii) Análisis de Conglomerados – Cluster. El análisis de Conglomerados (Cluster en inglés) es el nombre que se le da a un conjunto de técnicas de agrupamiento de individuos en grupos homogéneos a partir de la relación entre los datos de una matriz. Esta técnica en particular tiene un gran campo de aplicación en estudios filogenéticos, al trazar posibles relaciones filogenéticas con base en las medidas de disimilitud de los caracteres de las muestras.

La explicación teórica dentro del archivo en formato .pdf con 9 páginas contiene la información sobre los siguientes puntos:

- I. Medidas de disimilitud
- II. Matriz de distancias
- III. Dendograma
- IV. Interpretación

Para este tema se enfatizó en las posibilidades de análisis para construir la matriz de distancias a través de las diferentes medidas de disimilitud, y la forma en que esto altera los resultados-

iii) Análisis Discriminante. El objetivo del análisis Discriminante es utilizar la información que ya se ha recabado para crear una buena base de datos de manera clasificatoria. Esto es para que, a futuro, si se hace una medición extra sobre otro individuo, éste pueda ser

clasificado dentro de alguna población en base a los datos anteriores. Una de las utilidades de este análisis es la clasificación de nuevos organismos muestreados, por medio de un análisis anterior de clasificación.

Se elaboró un archivo teórico en formato .pdf de 4 páginas abarcando lo siguiente:

- I. Cálculo de eigenvalores
- II. Tabla de clasificación
- III. Gráfico de funciones de discriminación
- IV. Interpretación

La explicación de este tema parte de la toma de las variables adecuadas para discriminar mejor a los grupos de interés. Se brinda la explicación para llegar a formar la tabla de los coeficientes de la función de clasificación, llegando finalmente a la tabla de clasificación final. Para esto se pone a prueba la tabla construida agregando un nuevo valor y clasificándolo de acuerdo a las funciones de clasificación, la interpretación incluye también el gráfico elaborado a partir de estas funciones.

Como un recurso de orientación al usuario sobre las diferentes técnicas estadísticas, se elaboraron los criterios de selección (Figura 8), que incluye la descripción de uso rápido, para aquellos usuarios que ya tengan una noción de los términos de esta tabla, como son el tipo de datos o el número de variables, pero indicando que estos términos se explican detalladamente en uno de los primeros materiales en el aula.

Objetivo.	Datos Analizados	
	Continuos	Ordinales
Describir un grupo	Media, Dev. Estándar.	Media, Rango IQ
Comparar con un valor teórico.	t-student	Wilcoxon
Comparar dos grupos independientes	t-student con muestras independientes.	Mann-Withney
Comparar más de 2 grupos independientes.	ANOVA de una vía.	Kruskal-Wallis.
Comparar 2 muestras pareadas.	t-student para muestras pareadas.	Wilcoxon
Comparar más de 2 muestras pareadas.	ANOVA de dos vías.	Friedman.
Asociación entre 2 variables.	Correlación Pearson	Correlación Spearman.
Predecir 1 variable.	Regresión lineal simple/múltiple.	Regresión no paramétrica
Asociación entre más de 2 variables.	Correlación canónica.	
Establecer una estructura.	Componentes principales.	Análisis de Correspondencia.
Asignar observaciones a grupos.	Análisis de discriminantes.	
Establecer una clasificación.	Técnicas de agrupamiento-Cluster	

Figura 8. Guía de criterios de selección de los métodos estadísticos. (Modificado de Babinec, 2012).

Para dirigir el curso planeado hacia el análisis de datos de manera directa y sin requerir que el usuario se demore revisando los detalles de las técnicas, se buscó el software apropiado para cubrir las necesidades de análisis dentro de las investigaciones biológicas, por lo que, gracias a sus características distintivas, se eligieron tres software para trabajar este tipo de datos:

- i) IBM SPSS Statistics presenta una interfaz amigable, pero su principal fortaleza radica en el manejo, organización y minuciosidad de las variables trabajadas, ofreciendo la opción de detallar el tipo de variables a manejar; de este modo es posible ingresar variables tanto cuantitativas como cualitativas, ya sean nominales, ordinales, entre otras características.
- ii) *Statgraphics*. Desde sus inicios ha destacado por el modo de presentación y personalización gráfica, presentándose en un modo de interfaz sencillo y con un repertorio de técnicas de análisis bastante amplio.
- iii) R. Este software es conocido por su capacidad de ampliación de sus funciones mediante el desarrollo de complementos hechos por los usuarios. Sin embargo, es conocido por ser un software cuyo uso resulta complicado de entender, si se maneja desde la consola de

comandos, por lo que se han desarrollado complementos a R para facilitar su uso. Uno de estos complementos es *Commander*, el cual facilita en gran medida el uso del software al añadir una interfaz más asimilable y por tanto menos austero. A pesar de la ayuda que brinda el complemento de *Commander*, muchas de las técnicas estadísticas no se encuentran dentro de su alcance, además, por defecto el software establece ciertos detalles de lo análisis, los cuales deben ser comprendidos por el usuario para poder detectar la línea de comando que se deberá modificar en algunos casos.

Como ayuda a la comprensión del manejo del software de R, al ser un programa basado en comandos, se elaboraron videos, los cuales tienen como objetivo más sencillo el uso del software, el cual no ha tenido un uso más extendido debido en parte a la falta de una interfaz tan amigable como otros paquetes, pero que ofrece una utilidad enorme en cuanto a capacidades de cálculo y aplicaciones. Estos videos constituyen una alternativa a los usuarios que presentan dificultades, principalmente en el uso de comandos para las instrucciones del programa, y tienen una preferencia por seguir un procedimiento detallado del análisis (Figura 9).

```

t.test(x = ..., y = ..., alternative = "two.sided", conf.level = .95, paired = TRUE)

## Default 95% confidence interval:
## method with standard error:
## 95 percent confidence interval:
## sample estimates:
## mean of the difference
295.5556

data: CultivoNuevo.Fertilizante and CultivoAntiguo.Fertilizante
t = 1.6940, df = 0, p-value = 0.9057
alternative hypothesis: true difference in means is less than 250
95 percent confidence interval:
-Inf 295.5556
sample estimates:
mean of the difference
295.5556

[3] NOTA: El conjunto de datos Cultivo tiene 8 filas y 2 columnas.
[4] NOTA: Starting help() help() ... done
  
```

En este resultado podemos observar que se acepta H_0 de que la diferencia de medias es igual o mayor a 250.

Figura 9. Video explicativo del manejo de R *Commander* para la solución de un análisis de muestras pareadas.

IV. Actividades de evaluación y retroalimentación.

Como recurso valioso del aula son las actividades programadas para su resolución por los usuarios, las cuales sirven a la función de evaluar el conocimiento adquirido por los alumnos, y a su vez como referencia de los temas o aspectos a mejorar para su comprensión. Con estos ejercicios los usuarios pueden conocer los temas que necesitan repasar, sin necesidad de invertir mucho tiempo en la resolución de las actividades, ya que se tratan de actividades concisas y enfocadas a la aplicación de las técnicas de análisis para datos reales.

Aunado a esto, los exámenes constituyen una ventaja del entorno como herramientas de seguimiento de los usuarios, al brindar el apoyo a los usuarios a caer en cuenta de los temas que necesitan revisar con más detalle (Figura 10). El objetivo de estos exámenes no es asignar una calificación que afecte y llegue a desanimar al usuario, sino orientar hacia la revisión de los aspectos que sean necesarios repasar.

Usted está ingresado como Cesar Hernández (Salir)

Vista previa de la pregunta

Salir Inicio Ciencias Químico Biológicas Ciencias de la Salud y del Comportamiento
Posgrado e Investigación Actividades Académicas Complementarias Contacto

Pregunta 1
Sin responder aún
Puntaje de 1.00

Se realizó un muestreo sobre una cuenca en el estado de Baja California, obteniéndose 24 muestras con una media de 0.165 mg/l con una varianza de 0.023 sobre la concentración de Fosfatos en el agua.
Se desea saber si los datos proveen suficiente evidencia para afirmar que la concentración de Fosfatos en esta cuenca sigue la normalidad de la OMS, que explica que no debe rebasar los 0.31mg/l.
¿Cuáles serían las hipótesis para esta prueba?

Seleccione una:

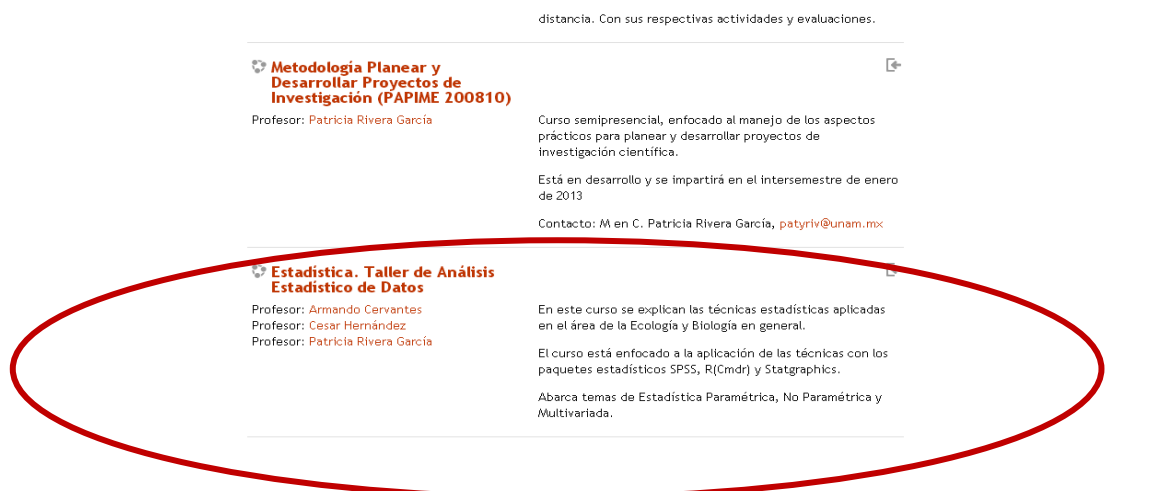
- a. $H_0: \mu = 0.31$
 $H_a: \mu \neq 0.31$
- b. $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$
 $H_a: \mu_1 > \mu_2$
- c. $H_0: \mu \geq 0.31$
 $H_a: \mu < 0.31$
- d. $H_0: \mu \leq 0.23$
 $H_a: \mu > 0.23$
- e. $H_0: \mu \leq 0.31$
 $H_a: \mu > 0.31$

Figura 10. Pregunta incluida en el examen de estadística paramétrica para la planeación de las hipótesis.

Por otro lado, se tienen los foros de discusión, los cuales se encuentran disponibles para la importante función de espacio de intercambio de dudas e ideas, formando una red de intercambio de información no solo entre profesor-alumno, sino entre alumnos, este último aspecto incluye la función de chats, proporcionando a los usuarios de herramientas que les permiten consultar y ayudar a otros usuarios del aula.

Implementación

Con todo lo anterior expuesto, se realizó la implementación de un entorno virtual dentro del Campus Virtual de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, bajo la dirección electrónica: <http://132.248.60.115:8081/moodle25/login/index.php> (Figura 11).



The image shows a screenshot of a Moodle course page. At the top, there is a header with the text "distancia. Con sus respectivas actividades y evaluaciones." Below this, there are two course listings. The first listing is for "Metodología Planear y Desarrollar Proyectos de Investigación (PAPIME 200810)" by Patricia Rivera García. The second listing, which is circled in red, is for "Estadística. Taller de Análisis Estadístico de Datos" by Armando Cervantes, Cesar Hernández, and Patricia Rivera García. The description for the circled course states: "En este curso se explican las técnicas estadísticas aplicadas en el área de la Ecología y Biología en general. El curso está enfocado a la aplicación de las técnicas con los paquetes estadísticos SPSS, R(Cmdr) y Statgraphics. Abarca temas de Estadística Paramétrica, No Paramétrica y Multivariada."

Figura 11. Curso de Taller de análisis de datos dentro del campus virtual de la FES Zaragoza.

El Aula virtual lleva el nombre de “Taller de Análisis Estadístico de Datos”. En esta página se pide el acceso al usuario registrado, o se brinda la opción de crear una nueva cuenta, y una vez dentro se tiene la página de bienvenida, la cual muestra los temas disponibles.

La configuración del curso se estableció para ser clasificado dentro del campus virtual en la categoría de Ciencias Químico Biológicas -> Biología -> Matemáticas y Estadística para Biología, y se configuró para mostrarse 3 secciones, correspondientes a los tres temas principales del curso y se agregó la descripción general del curso, así como la bienvenida al mismo.

Con el material había elaborado anteriormente, se seleccionó la información que sería propicia incluir en el aula virtual, adaptándose a formato electrónico por medio del procesador de textos Microsoft Office Word agregándose además imágenes en los archivos en forma de diagramas de flujo, tablas, gráficos y capturas de pantalla como elementos didácticos para mejorar el aprendizaje en línea y añadiendo las alternativas de interpretación ante resultados distintos a los ejemplos. Posteriormente estos archivos fueron exportados en formato .pdf para reducir el tamaño de los archivos y protegerlos contra edición de terceros.

Como una primera herramienta de apoyo a la orientación de la aplicación de las técnicas estadísticas, se muestra la tabla de guía para la adecuada elección de los métodos, que abarca una explicación breve de su uso que incluye los tipos de datos (sean continuos u ordinales), el número de variables (que ha de dirigir al usuario hacia un estudio multivariado si se diera el caso), el número de muestras (marcando la diferencia en la comparación de muestras o contra un valor teórico) y finalmente el objetivo del análisis (Figura 12).

The screenshot shows a Moodle course page titled "Taller de Análisis Estadístico de Datos". The page includes a navigation menu on the left with options like "Navegación", "Gente", and "Administración". The main content area has a title "Taller de Análisis Estadístico de Datos" and introductory text. Below the text is a table with the following structure:

Objetivo.	Datos Analizados	
	Continuos	Ordinales
Describir un grupo	Media, Desv. Estándar.	Media, Rango IQ
Comparar con un valor teórico.	t-student	Wilcoxon
Comparar dos grupos independientes	t-student con muestras independientes.	Mann-Whitney
Comparar más de 2 grupos independientes.	ANOVA de una vía.	Kruskal-Wallis.
Comparar 2 muestras pareadas.	t-student para muestras pareadas.	Wilcoxon
Comparar más de 2 muestras pareadas.	ANOVA de dos vías.	Friedman.
Asociación entre 2 variables.	Correlación Pearson	Correlación Spearman.
Predecir 1 variable.	Regresión lineal simple/múltiple.	Regresión no paramétrica
Asociación entre más de 2 variables.	Correlación canónica.	

Figura 12. Página de inicio del curso de Taller de Análisis Estadístico de Datos.

El entorno incluye varios elementos de administración retroalimentación tales como la navegación a través de los contenidos del entorno, los participantes dentro del aula virtual, el reloj del servidor, actividades pendientes, así como cursos adicionales dentro del entorno y otras posibilidades de ajuste disponibles sólo como administrador.

Pensando en el alumno se han añadido elementos de retroalimentación y apoyo para la navegación como son las noticias del aula, eventos y actividades tanto próximas como recientes y un calendario que incluye actividades.

El entorno virtual desarrollado tiene una organización de los materiales, que hace que la localización sea más fácil, así como los supuestos necesarios para realizar el análisis de manera confiable. Cada ejemplo comienza mostrando el software con el que se trabaja, a modo de facilitar al usuario el material que necesita con la paquetería que desea aplicar (Figura 13).

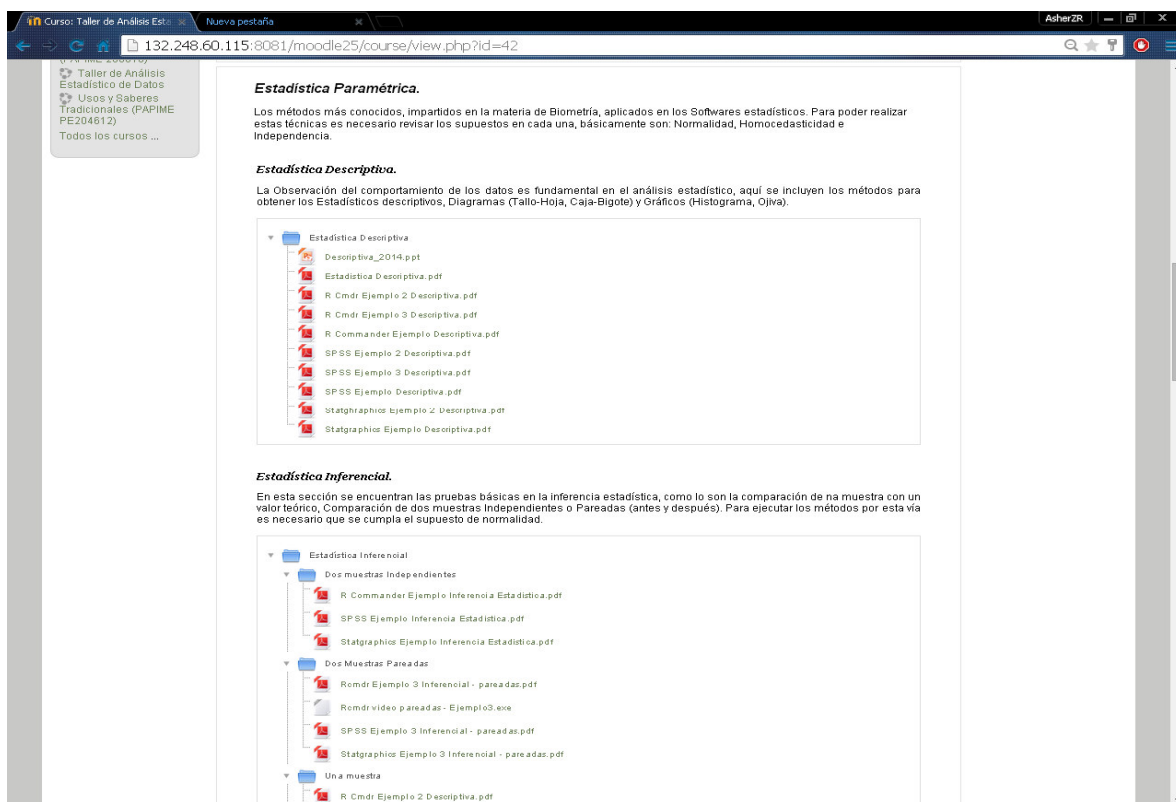


Figura 13. Disposición de los archivos dentro del tema de estadística paramétrica.

Material elaborado

Se generaron 59 guías que enfatizan los procesos de cálculo de los datos biológicos a través de los tres programas estadísticos, abarcando el procedimiento con detalle de los comandos y secuencias a seguir.

En cada archivo de los métodos, se encuentra la interpretación de los resultados, con alternativas ante la posibilidad de otros resultados. La explicación dentro de los archivos teóricos de las técnicas estadísticas se basa en la resolución de un ejercicio “a mano”, mediante los cálculos pertinentes, pero incluyendo además las opciones de selección de los métodos apropiados en base al tipo de datos, ayudándose de diagramas de flujo (Figura 14).

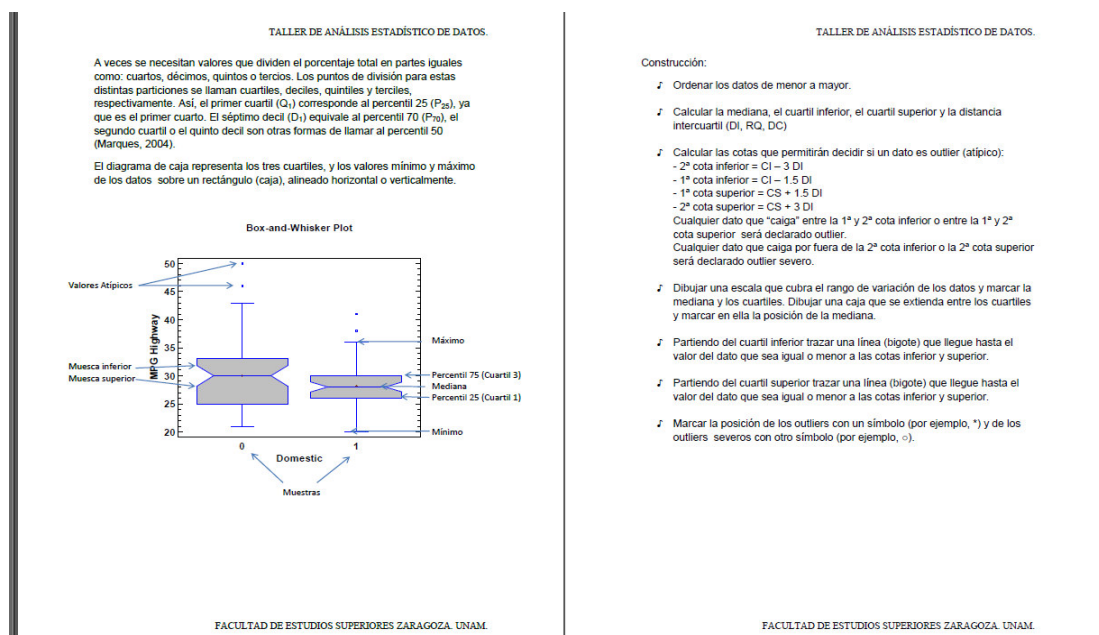


Figura 14. Construcción del diagrama de caja y bigotes señalando sus componentes.

Estos documentos tratan de cubrir cualquier duda que pueda tener el usuario, tanto en el momento en que lo lee, como si lo consulta mientras resuelve un ejercicio o analiza sus propios datos, a la vez que sirve como orientación para las personas que deseen conocer a grandes rasgos el procedimiento y fundamento del análisis que se lleva a cabo.

Para la explicación de los fundamentos, se ha puesto especial atención a describir y resaltar lo más importante del tema, utilizando ejemplos ideados para un público que no se especialice en el tema, y a la vez que no resulte tedioso.

Cada uno de los materiales contenidos en el curso explica, de forma concisa, el procedimiento de cálculo a través del correspondiente paquete estadístico, tratando de abarcar las diferentes opciones que ofrecen los paquetes. Cada paso de la resolución del problema está representado por la correspondiente captura de pantalla del proceso en cuestión (Figura 15).

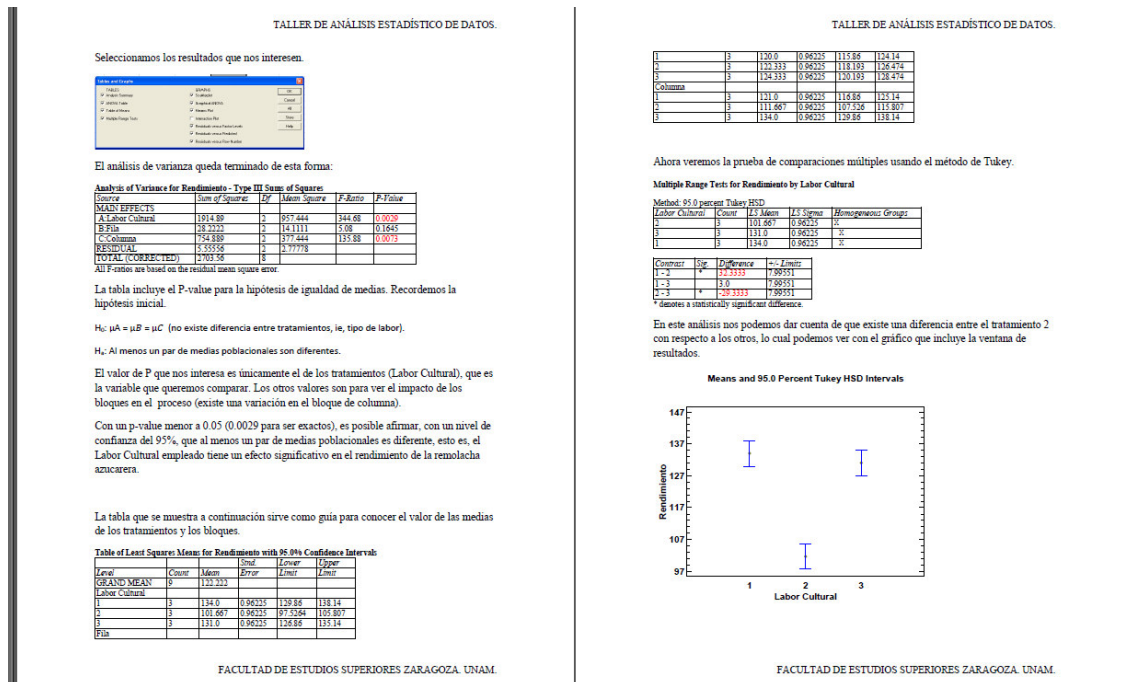


Figura 15. Diseño de un análisis de cuadrados latinos, con la interpretación de los resultados, el análisis de comparaciones múltiples y gráficos asociados.

Prueba y depuración del curso.

Al realizar la prueba del curso con los usuarios, el sistema resultó ser estable, ya que cada parte desarrollada funcionó adecuadamente; los usuarios pudieron acceder sin inconvenientes y les fue posible abrir los diferentes archivos. Sobre el cuestionario de percepción todos los usuarios opinaron que la portada, la presentación de los temas y sus objetivos son atractivos, también aluden a la buena organización de los temas, accesibilidad y utilidad de la guía de criterios de selección de las técnicas estadísticas.

Sobre el contenido de la información 12 usuarios mencionaron que hay una buena claridad de los temas, gráficos e imágenes, buenas referencias y contenido en general, mientras que dos personas calificaron la cantidad de imágenes y las referencias del contenido como “regular” y una persona señaló que hay pocas imágenes dentro de los documentos. A la vez, 14 de los 15 usuarios respondieron que el material electrónico les ayudó bastante en el desempeño del análisis de datos con el software elegido, mientras que un usuario respondió que el material le ayudó regularmente.

Dentro de este cuestionario los alumnos solicitaron que se hiciera una mayor difusión de estas herramientas, que su uso se extendiera a otros campos diferentes a la biología, se abarcaran más temas, se agregaran enlaces de descarga del software y de bibliografía complementaria, entre otros.

El desarrollo de este entorno virtual ha permitido generar una buena cantidad de material de apoyo, elaborado desde la perspectiva del alumno. Enfatizando en la selección, aplicación e interpretación de las diferentes herramientas estadísticas a datos reales, de modo que sea entendible por cualquier usuario del área biológica que tenga la necesidad de análisis de datos.

El paso más importante para el análisis estadístico más adecuado lo constituye la interpretación de los resultados. Es con base en esta interpretación que será posible formular conclusiones adecuadas que realmente representen lo que se desea expresar en la investigación.

Resulta evidente que la utilidad del análisis estadístico se anula si no se tiene un buen criterio para interpretar los resultados que brinda, y para ello es necesario que cualquier material que se le brinde a un alumno de estas herramientas contenga una explicación sobre 1) el significado de cada resultado del paquete estadístico, 2) la interpretación de los resultados con base al objetivo que persigue el análisis y 3) la interpretación final que se le dará en cuanto al enfoque biológico, y que será tomada en cuenta para tomar decisiones sobre el proyecto en cuestión.

El material incluido en el aula virtual busca satisfacer esta necesidad al contener explicaciones ante los resultados de cada gráfico, tabla y valor presentado en los análisis de datos. Pero también incluye una interpretación final aplicable a los análisis de datos que muestren un comportamiento similar a los proporcionados por el ejemplo, ya sea que se establezca con un valor de probabilidad (significancia), un criterio gráfico u otra representación en el programa (estos aspectos se ven explicados dentro del material), así como las alternativas de interpretación ante posibles resultados diferentes a los presentados en los ejemplos.

Los cálculos numéricos de los análisis estadísticos mediante un paquete estadístico es un tema que no se imparte en muchas instituciones de licenciatura, como caso particular la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, donde el uso de estas herramientas está limitado a unas cuantas materias optativas dentro del plan de estudios. Además, los temas impartidos en esta institución

como materia obligatoria resultan ser los básicos de estadística paramétrica, cuando en muchas ocasiones los datos biológicos no se ajustan a los supuestos para seguir el método paramétrico, o el objetivo del estudio necesita de otro análisis más complejo como el multivariado.

Resulta, entonces, necesario brindar una herramienta que sirva a los usuarios para seleccionar adecuadamente las técnicas a partir del tipo de datos, los métodos de análisis y la interpretación de los resultados en un contexto biológico, abarcando los temas que puedan presentarse en las investigaciones biológicas, más allá de las presentadas dentro del plan de estudios de la Licenciatura, además de la forma de uso de las herramientas estadísticas referentes al software, la cuales presentan un uso más frecuente dentro de las investigaciones de esta área.

Dentro de la literatura es posible encontrar una gran cantidad de información respecto a la descripción de los métodos estadísticos, así como su uso, sin embargo, la mayor parte de estos textos se enfocan a describir los fundamentos de los métodos estadísticos, para lo que se recurre inevitablemente a los tecnicismos usados dentro del área de las matemáticas.

Resulta frecuente encontrar textos de estadística aplicada que siguen un temario específico para guiar al lector a través de los diferentes métodos en orden de complejidad, pero dejando de lado los criterios para la selección de los diferentes métodos que se describen. El entorno desarrollado conjunta en un solo sitio la información necesaria para realizar el proceso de análisis de datos, a partir de la selección de las técnicas adecuadas con base en los criterios necesarios.

Actualmente existen una gran cantidad de cursos en línea sobre temas relacionados a la estadística, siendo la mayoría de paga y divididos en módulos respecto a los temas, con precios que van desde 2000 pesos por módulo básico de estadística descriptiva con un solo software, hasta 15000 pesos en algunos cursos que siguen la estructura de un curso diseñado para enseñar estadística, fundamentos y cálculo de manera manual, ciertos cursos con un precio similar se enfocan al uso exclusivo de un software.

El presente curso ofrece las ventajas sobre otros cursos diseñados con propósitos similares:

- Análisis y conjunción de las técnicas de uso más común que los estudiantes y algunos investigadores no adentrados en la estadística requieren.

- Manejo de un lenguaje sencillo de comprender en la resolución e interpretación, sin perder la calidad de la información, la cual está validada por expertos en la materia.
- Abarca tanto los fundamentos de las técnicas como su aplicación con tres software distintos, presentando los temas bajo un enfoque totalmente biológico, y siguiendo la secuencia del análisis de datos (Selección de técnicas, análisis de datos e interpretación).
- Disponibilidad del entorno de forma gratuita.
- Facilidad de actualización del contenido.
- Retroalimentación por asincronía.
- Almacenamiento de una gran cantidad de información.
- Evaluación del progreso del usuario por medio de ejercicios y exámenes, así como foros y actividades de retroalimentación.

Sin embargo, se han identificado una serie de desventajas en el desarrollo del entorno virtual para tratar este tema:

- Requiere conocimiento básico de estadística y computación para su uso.
- Depende del sistema y los programas estadísticos que posea el usuario.
- Los tiempos de respuesta pueden alargarse si no se tiene una revisión constante del entorno.
- Se encuentra limitado a la capacidad del servidor.
- El usuario es responsable de aplicar adecuadamente la información proporcionada.
- El sistema está diseñado como un medio de enseñanza de aplicación de la estadística más que de aprendizaje.

A su vez, gracias a los comentarios de los usuarios que probaron el entorno y dieron su opinión al respecto, es posible señalar los aspectos que podrían mejorarse del entorno:

- Diseño del contenido más agradable a la vista (colores, esquemas).
- Más ejemplos de aplicación.
- Agregar enlaces a temas complementarios.
- Ajuste del tamaño de ciertas imágenes.

Al ser una herramienta de educación de modalidad a distancia o *e-learning*, es posible consultarse sin limitantes de tiempo o distancia, siguiendo un proceso de aprendizaje a través de la consulta del material, resolución de ejercicios y exámenes, los cuales proveerán al usuario de los conocimientos necesarios para enfrentarse al análisis de datos reales.

Con el avance de la tecnología cada vez se hace más sencillo acceder a este tipo de herramientas, y es la tecnología la que permite aplicar la estadística de una manera más sencilla a los análisis de datos biológicos, mediante el software adecuado para ello. Actualmente existe una vasta variedad de software estadístico en el mercado, pero los tres elegidos para el presente proyecto constituyen una opción fiable y cómoda para los usuarios, incluyendo interfaz amigable y sencillez en el proceso de análisis para los software de *Statgraphics* y SPSS, mientras que R resulta ser un software que conlleva las ventajas de ser de uso libre y código abierto, además de representar un uso cada vez mayor dentro de los proyectos de investigación en el área biológica.

Sobre este aspecto, R destaca como un software con las capacidades para ampliar sus aplicaciones, las cuales no se limitan únicamente al análisis de datos por técnicas básicas, lo cual, aunado al hecho de que se trata de un software gratuito, representa una excelente opción para el investigador que desee conocer los métodos de análisis de datos biológicos.

Aunque los temas presentados de estadística no son los únicos y existen una gran cantidad de análisis estadísticos no tratados en este proyecto, los incluidos en el aula constituyen una selección de temas que se aplican recurrentemente en las investigaciones biológicas, además de incluir bibliografía complementaria sobre los temas, en caso de que algún usuario tenga interés por aprender más sobre los distintos métodos estadísticos existentes.

La información para el análisis de datos biológicos actualmente se encuentra dispersa en la bibliografía, ya sea que se enfoque al aprendizaje de los fundamentos, al uso exclusivo de un software, o algunos temas en particular, la mayoría de la información al respecto está restringida a ciertos usuarios. En este sentido, el entorno desarrollado tiene la ventaja de ser gratuito, flexible en la elección entre tres software, presentando el proceso de análisis de manera ordenada y simple, tratando los temas en un enfoque totalmente biológico.

El desarrollo de un entorno virtual es un proceso que requiere del conocimiento y manejo de las TIC, tanto desde la perspectiva informática como computacional, que incluye el diseño gráfico del entorno, los objetos de aprendizaje utilizados, edición y administración del curso y su contenido; además del dominio del tema a presentar. Sin embargo, actualmente las herramientas tecnológicas permiten desarrollar un entorno virtual sin la necesidad de ser un experto en informática o computación. De la misma manera, los softwares estadísticos buscan facilitar el proceso de análisis mediante la mejora de la interface, pero el proceso aún debe complementarse con la explicación de los medios de análisis correctos y su aplicación adecuada.

El entorno desarrollado resulta ser de utilidad para aquellas personas con necesidad de conocer las técnicas estadísticas, su elección y aplicación, para finalmente interpretar sobre el contexto biológico sobre el que investiga. De esta manera el entorno resuelve la problemática sobre la dificultad para aplicar las técnicas estadísticas en los proyectos de investigación y su interpretación siempre y cuando el usuario esté consciente del tipo de datos que tiene y lo que quiere hacer con ellos. Por tanto, debe quedar claro que esta herramienta no es de utilidad para un principiante de la estadística, sino para los usuarios que ya recibieron una formación previa en la materia.

Finalmente, la utilidad del aula la constituye el hecho de que el usuario sea capaz de llegar a un resultado e interpretación de datos reales de investigación mediante el apoyo del material elaborado, iniciando desde la selección de la técnica adecuada a sus necesidades, pero son los usuarios en los que recae la mayor responsabilidad de querer aprender y revisar los temas de manera adecuada para poder llegar a los resultados deseados.

CONCLUSIONES

El entorno virtual desarrollado se considera útil para todos aquellos usuarios que necesiten conocer y aplicar los criterios de selección e interpretación de los diferentes métodos estadísticos que se analizan en esta aula; la cual contiene ejemplos que ilustran los diferentes análisis estadísticos aplicados a datos biológicos reales, ya que se parte desde la selección de las técnicas estadísticas, análisis de datos e interpretación de resultados.

Una cuestión importante de mencionar es que en el aula virtual desarrollada se ofrece la opción de permitirle al usuario utilizar cualquiera del software que necesite o al cual tenga acceso, ya que se presentan procedimientos, ejemplos e interpretaciones de cada técnica en los tres programas más comúnmente utilizados en el análisis estadístico de datos biológicos (Statgraphics, SPSS, R-Cmdr).

Realizar un aula virtual como la desarrollada en este trabajo, requiere de dos aspectos importantes a considerar, 1) una fase de diseño en la que se definen los objetos de conocimiento y la información que debe contener cada elemento del aula; 2) una fase de implementación en la que se desarrolla el curso con los aspectos definidos en la fase anterior; 3) una fase de prueba y depuración en donde se busca que el aula funcione de manera adecuada y no contenga errores que no permitan que se pueda utilizar.

La guía de criterios sobre las diferentes técnicas de análisis estadístico propuesta en este trabajo es fundamental para los usuarios que requieran utilizar los diferentes métodos y técnicas estadísticas en biología, ya que entre las ventajas que presenta esta aula está la orientación al usuario en el análisis e interpretación de datos biológicos, así como en aspectos previos que deben ser considerados antes de aplicar cada método, tales como la selección de las técnicas, tomando en cuenta el tipo de datos, el número de variables, así como el objetivo del análisis para su interpretación dentro de la investigación biológica, lo cual difícilmente se encuentra en la literatura.

Esta propuesta de entorno virtual favorece y facilita la transmisión y manejo de información en un sistema asíncrono y libre para la consulta, accesible a cualquier hora y desde cualquier sitio con conexión a internet, con el progreso regulado por el estudiante y poniendo a disposición una gran cantidad de información de relevancia en el análisis de datos biológicos.

Es importante mencionar que utilizando el software de programación R se puede realizar casi cualquier tipo de análisis por muy complejo que sea, dependiendo de la programación o complementos que se requieran o se desee adicionar. R tiene la particularidad de ser un software que está teniendo un uso cada vez más extendido dentro de los proyectos de investigación en diversas disciplinas científicas, incluyendo las ciencias biológicas, por lo que la enseñanza del uso de este software representa una ventaja dentro del entorno virtual, como un primer acercamiento presentado con un enfoque amigable, cuestión que aunque se presenta en Statgraphics y SPSS, éstos son costosos y no poseen las aplicaciones específicas tales como operaciones algebraicas y matriciales, sólo realizan análisis estadísticos, cuestión que se solventa con el uso de R ya que al ser un software de programación, el usuario tiene la posibilidad de modificar el código de comando para un uso más enfocado al objetivo del usuario.

Este material tiene manera de retroalimentar los contenidos y ejemplos, ya que puede ser actualizado constantemente; además de que se presentan casos donde se siguen los pasos a seguir en los análisis en los diferentes tipos de software a utilizar, siendo este un punto muy importante que no se encuentra en manuales ni en libros.

Con base en los cuestionarios aplicados a alumnos, se puede decir que el Taller de Análisis Estadístico de Datos es atractivo para la mayoría de los usuarios, ya que muestra temas que fueron de utilidad para sus trabajos de investigación, sobre todo cuando requieren analizar conjuntos de datos, les fueron útiles los criterios de interpretación mostrados en el entorno, así como les fue fácil localizar y utilizar los fundamentos de las diferentes técnicas explicadas, aunque sugieren que se adicionen más imágenes y ligas a sitios web, consideran que este sitio les es muy útil. Aunque es conveniente mencionar que, para un mayor aprovechamiento del contenido, es necesario que el usuario tenga conocimientos básicos en estadística.

REFERENCIAS

- Ávila, H. L. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. España: Universidad de Guadalajara. 196 pp.
- Badii, M. H; Castillo J; Landeros, J; Cortez, K. (2007). “Papel de la estadística en la investigación científica”. *Revista Innovaciones de Negocios* Vol. 4(1). pp. 107-145.
- Barrios, E. (2010). R: Un lenguaje para análisis de datos y graficación. Instituto Tecnológico Autónomo de México. (Consultado el 12 de Diciembre de 2015 de: <http://allman.rhon.itam.mx/~ebarrios/docs/porqueR.pdf>).
- Bausela, E. (2005). “SPSS: Un Instrumento de Análisis de Datos Cuantitativos”. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales* Vol. 2 (4), pp. 62-69.
- Bejarano, L.A; Puerto, D. C; Bulla, M. E. (2006). *Diseño y elaboración de un software educativo como herramienta en el proceso de enseñanza aprendizaje de la química de los carbohidratos*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia. 10 pp.
- Caballero, O. G. (2013). Usos Tecnológicos para la Enseñanza de las Matemáticas. UNAM, Tercer coloquio: Ambientes Virtuales y Objetos de Aprendizaje en la Educación Superior: Experiencias y Reflexiones Vol. 3, pp. 16-29.
- Cabañas, J. E; Magaly, Y. (2003). *Aulas virtuales como herramienta de apoyo en la educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. 92 pp.
- Cabero, J. (2006). “Bases pedagógicas del e-learning”. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. Vol.3 (1). pp. 1-10.
- Cabero, J; Gisbert, M. (2005). *Formación en Internet. Guía para el diseño de materiales didácticos*. España: editorial MAD. 109 pp.

- Camus, P. A. (1995). “Uso e importancia de la inferencia estadística: algunos problemas frecuentes detectados en la Revista Chilena de Historia Natural”. *Revista Chilena de Historia Natural* Vol. 68 pp. 12-18.
- Carmona, E. J; Rodríguez, E. (2009). *Tecnologías de la Información y la Comunicación. Ambientes Web para la Calidad educativa*. Colombia: Ediciones Elizcom. 171 pp.
- Castañeda, M. B; Cabrera, A. F; Navarro, Y; Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS*. Brasil: Editora Universitaria de PUCRS. 164 pp.
- Cervantes, A; Chiappa, X; Mascaró, M. (2009). *Manejo práctico del software de análisis estadístico R*. México: FES Zaragoza UNAM. 71 pp.
- Cervantes, A; Marques, M. J; Rivera, P. (2006). *Análisis Estadístico. Un enfoque práctico con Statgraphics*. México: FES Zaragoza UNAM. 114 pp.
- Cervantes, A; Marques, M. J; Rivera, P. (2014). “Entornos virtuales colaborativos, para el manejo de herramientas cuantitativas, en el área Químico-biológica”. *Revista electrónica de Socioeconomía, Estadística e Informática (RESEI)*. Vol. 02 Num. 04. pp. 58-65.
- Cervantes, A; Rivera, P; De la Paz, J. M. (2004). *SPSS. Una herramienta para el análisis estadístico de datos*. México: FES Zaragoza UNAM. 77 pp.
- Cervantes, A; Sánchez, K; Simoes, N; Mendoza, E; Marques, M. J. (2008). Bases de Datos on-line. Apoyo para el aprendizaje y difusión en Biología. Memorias del IX Congreso Internacional y XII Nacional de Material Didáctico Innovador “Nuevas Tecnologías Educativas”. pp. 238.
- Cervantes, P. (2005). “La normalidad estadística y la Biología, una relación tortuosa”. *Revista Ciencia y Mar*. Vol. 9 (26). pp. 33-38.
- Clarenc, C. A.; Castro, S. M; López de Lenz, C; Moreno, M. E; Tosco, N. B. (2013). Analizamos 19 plataformas de e-Learning: Investigación colaborativa sobre LMS. Grupo GEIPITE, Congreso Virtual Mundial de e-Learning. 154 pp.

Cran.r-project.org (2015). An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. (Consultado el 20 de noviembre de 2015, de <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>)

Espinosa, J. A; Molina, D. (2014). Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia con R. XV Congreso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: el sentido de las matemáticas. Matemáticas con sentido.

Fernández, E. I. (2004). *E-Learning. Implantación de proyectos de formación on-line*. México: Alfaomega editores. 145 pp.

Florencia, M. (2014). “Programa de Estadística aplicada a la Biología: una propuesta”. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*. Vol.88. pp. 17-29.

Fukuda, H; Ohashi, Y. (1997). “A Guideline for Reporting Results of Statistical Analysis in Japanese Journal of Clinical Oncology”. *Japanese Journal of Clinical Oncology*. Vol.27(3). pp. 121-127.

Gonzáles, E; Olguín, M. (2013). Ambiente Virtual: Camaleón. Curso para la Asignatura de Estadística Descriptiva Aplicada al Área Socioeconómica de la FES Acatlán. UNAM, Tercer coloquio: Ambientes Virtuales y Objetos de Aprendizaje en la Educación Superior: Experiencias y Reflexiones Vol. 3, pp. 57-63.

Gonzáles, M. T; Pérez, A. (2012). *Estadística aplicada: Una visión instrumental*. España: Editorial Díaz de Santos. 786 pp.

Guisande, C; Vaamonde, A. (2013). *Gráficos y mapas con R*. España: Ediciones Díaz de Santos. 382 pp.

Gutierrez, M. D. (1995). *Estudio del análisis estadístico de correspondencias y su aplicación a las ciencias biológicas*. Tesis de Licenciatura. Carrera de Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 88 pp.

Hernández, S; Cuevas, J. H. (2013). “Programas Informáticos de Uso Libre y su Aplicación en la Enseñanza de la Estadística”. *Revista Investigación Operacional*. Vol. 34, No. 2 pp. 166-174.

IIMAS-INEGI. (2003). Variabilidad y muestreo (video). Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM e Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Directora cinematográfica: Vanesa Gil Tejada.

Kilkenny, C; Parsons, N; Kadyszewski, E; Festing, M. F; Cuthill, I. C ; Fry, D; Hutton, J; Altman, D. G. (2009). "Survey of the Quality of Experimental Design, Statistical Analysis and Reporting of Research Using Animals". *PLOS ONE Journal*. Vol. 4 (11). pp. 1-11.

Lafaye, P; Drouilhet, R; Liquet, B. (2013). *The R Software: Fundamentals of Programming and Statistical Analysis*. USA: Springer Science. 628 pp.

Larson, J. (2015). *A guide to doing statistics in second language research using spss and R*. Reino Unido: Routledge editores. 448 pp.

Logan, M. (2010). *Biostatistical Design and Analysis Using R. A Practical Guide*. Reino Unido: Blackwell Publishing. 576 pp.

Macías, D. (2010). *Plataformas de enseñanza virtual libres y sus características de extensión: desarrollo de un bloque para la gestión de tutorías en Moodle*. España: Universidad de Alcalá. 183 pp.

Marques, M. J; Cervantes, A; Guerra, T. (2010). “Diplomado en-línea, en estadística práctica para el análisis de datos”. *Revista Material Didáctico Innovador. Nuevas tecnologías educativas* Vol. 6, Núm. 1. pp. 1-12.

Martín, A; Luna, J. (2004). *Bioestadística para las ciencias de la salud*. España: Ediciones Norma. 672 pp.

Monterrosa, J. S. (2014). *Statgraphics Centurion XVI.I*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 62 pp. Consultado el 18 de Octubre en:

<http://www.fce.unal.edu.co/uifce/investigaciones/pdf/Statgraphics%20Centurion%20XVI>

- Morán, L. (2012). “Blended-Learning. Desafío y oportunidad para la educación actual”. *Revista electronica de Tecnología Educativa*. Vol.39 pp. 1-19.
- Naharro, S; Espinosa, P; Gonzáles, P; Cerdá, F; Félix, E. (2004). Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de objetos en la Universidad Politécnica de Valencia. (Consultado el 15 de Agosto de 2015, de <http://ceur-ws.org/Vol-318/Naharro.pdf>)
- Ochoa, G. (1993). *Coordenadas principales, una herramienta de análisis estadístico multivariado aplicable a estudios biológicos*. Tesis de Licenciatura. Carrera de Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 71 pp.
- Oliden, P. E; Murgiondo, J. E. (2012). *R Commander. Gestión y análisis de datos*. España: Editorial La Muralla. 192 pp.
- Pérez, R; Rojas, J; Paulí, G. (2008). “Algunas Experiencias didácticas en el entorno de la plataforma Moodle”. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*. Vol. 5(10), pp. 1-10.
- Ramírez, A. (2009). *Modelación Matemática En Biología. Desarrollo de un Entorno Virtual para su Aplicación*. Tesis de Licenciatura. Carrera de Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 72 pp.
- Reyes, E. (2005). *Estadística circular; Herramienta para analizar y modelar las trayectorias de escape en la relación presa-depredador de Litopenaeus setiferus y Callinectes sapidus*. Tesis de Licenciatura. Carrera de Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 123 pp.
- Reyes, E; Rivera, P; Marques, M. J. (2009). *Estadística circular: Herramienta para analizar datos angulares en Biología*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 88 pp.
- Rodenas, M; Vallés, R. S; Moncaleano, G. I. (2013). “E-learning: características y evaluación”. *Revista Ensayos de Economía*. Vol.43. pp. 143-159.

- Rosenberg, M. J. (2001). *E-Learning: estrategias para transmitir conocimiento en la era digital*. Bogotá. McGraw-Hill Interamericana. 344 pp.
- Sánchez, F; Miramontes, P ; Gutiérrez, J. L. (2002). *Clásicos de la Biología Matemática*. México: siglo veintiuno editores. 177 pp.
- Sanchis, R. (2013). *Análisis comparativo de LMS*. España: Universidad Politécnica de Valencia. 114 pp.
- Santos, J. M. (2010). *Utilización del paquete de programas estadísticos Statgraphics en la resolución de problemas prácticos*. España: UNED Editores. 208 pp.
- Serret, J. (1998). *Procedimientos Estadísticos con Statgraphics*. España: ESIC Editorial. 539 pp.
- Shahbaba, B. (2012). *Biostatistics with R. An Introduction to Statistics Through Biological Data*. USA: Springer Science. 352 pp.
- Sokal, R. R; Rohlf, F. J. (1986). *Introducción a la bioestadística*. España: editorial Reverté. 380 pp.
- Stanislav, K; Douglas, S; Lori, T. (2010). *Statistics in the social sciences. Current Methodological Developments*. USA: John Wiley & Sons Publications. 288 pp.
- Tamayo, M. (2002). *El Proceso de Investigación Científica*. México: Editorial Limusa. 440 pp.
- Verdú, M. (1997). *Ecología Evolutiva: Aspectos básicos*. México: UNAM. 154 pp.
- Williams, P; Schrum, L; Sangra, A; Guardia, L. (2004). *Modelos de diseño instruccional, Fundamentos del diseño instruccional con e-learning*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya. 73 pp.
- Yáñez, S. (2000). “La Estadística: una ciencia del siglo XX. R.A. Fisher, el Genio”. *Revista Colombiana de Estadística*. Vol.23. pp. 1-14.