

**PROPUESTA DE TRABAJO INTERDISCIPLINARIO:
¿HAY BUENOS AIRES EN BUENOS AIRES?
LA ENSEÑANZA DE ESTADÍSTICA EN UN CONTEXTO DE
BIOLOGÍA**

MAGALLAN, RICARDO RAÚL; SALDARELLI, ROLANDO ADRIÁN

St. Catherine's Moorlands School (Pilar, provincia de Buenos Aires, Argentina)
rmagallan@scms.edu.ar
rsaldarelli@scms.edu.ar

RESUMEN

La siguiente es una experiencia didáctica sobre el uso de la estadística para el análisis de los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica. Se propuso la realización de un trabajo de modelización intermatemática que permitiese al alumno de 1º Año de la Escuela Secundaria la aplicación de la estadística sobre datos obtenidos en el muestreo de líquenes epífitos y su posterior análisis como bioindicadores de la calidad del aire. Se buscó favorecer de esta manera el análisis crítico del uso de la estadística por parte de los alumnos. Los resultados mostraron eficiencia en los alumnos al momento de tomar criterio por las herramientas estadísticas pertinentes para realizar el análisis de datos obtenidos y poder tomar así conclusiones válidas con respecto a las hipótesis planteadas.

Palabras clave: trabajo interdisciplinario, estadística, bioindicadores, matemática, ciencias naturales.

INTRODUCCIÓN

Muchas propuestas didácticas proponen el análisis de la contaminación del aire a partir de bioindicadores como los líquenes (Mendez-Estrada *et al.*, 2001; Aguilar, 2008; Alvarez *et al.* 2010). Sin embargo poco se muestra en las mismas acerca del uso de las distintas estrategias de investigación que son necesarias para realizar esta propuesta. Menos aún se muestran las herramientas estadísticas que los alumnos deben emplear para poder analizar datos y por lo tanto sacar conclusiones.

En esta experiencia didáctica no solo intentamos que nuestros alumnos pongan en práctica estrategias de investigación científica, el uso de herramientas estadísticas y su correcto análisis, sino también intentamos que estos procedimientos se construyan de manera paralela a través de la experiencia y de la necesidad de su uso.

Trabajo interdisciplinario

“Los proyectos de aula interdisciplinarios organizan el proceso de enseñanza-aprendizaje de manera flexible, considerando la diversidad en las formas de abordar un tema o problema, donde se enfatiza la relación de los diferentes contenidos disciplinares en torno a un tema eje que sirve de organizador y articulador de los distintos aspectos y disciplinas que componen el proyecto” (Zabala, 1995). El eje central desde el cual se abordó esta propuesta fue la calidad del aire y se trató desde las ciencias naturales utilizando las estrategias de investigación y analizando la biología de los líquenes, y desde la matemática se trató desde el análisis estadístico.

De este modo, el trabajo interdisciplinario promueve la búsqueda de distintas estrategias y favorece el lenguaje matemático. “La Educación Matemática Realista no hace profundas distinciones entre los ejes curriculares, lo cual da una mayor coherencia a la enseñanza y hace posibles distintos modos de matematizar las situaciones, bajo distintos modelos y lenguajes, logrando alta coherencia a través del currículo.” (Bressan *et al.* 2005).

En estadística los problemas se plantean en un contexto específico y los resultados obtenidos deben ser coherentes con dicho contexto y debe existir la necesidad de aplicación de los contenidos de estadística. Entonces el estudio de la estadística se potencia con el trabajo interdisciplinario que favorece además el entendimiento de los distintos contextos que hacen fundamentales las herramientas estadísticas.

Modelización

La resolución de problemas ha tenido en gran parte un papel protagónico en la elaboración de la ciencia matemática. Pero “hacer matemática” es más que resolver problemas. También es encontrar buenas preguntas, buscar medios para responderlas, desarrollar nuevos métodos, conjeturar propiedades, validar soluciones, interactuar con otros miembros, confrontar resultados, técnicas, validaciones.

El trabajo intelectual del alumno debe ser por momentos comparable a la actividad científica. Una buena reproducción por el alumno de una actividad científica exigiría que actúe, formule, pruebe, construya modelos, lenguajes, conceptos, teorías, que las cambie por otras, que reconozca las que se adaptan a su cultura, que recurra a las que son útiles, etc (Brousseau, 1986)

Un concepto matemático se construye articulando a otros conceptos, a través de una serie de rectificaciones y de generalizaciones que se hacen necesarias para su utilización en un campo de problemas de la misma familia. El concepto matemático exige diversos momentos de la actividad matemática: aparece la necesidad de conjeturar, plantear hipótesis y examinar su validez y contrastarlas, de reformularlas para obtener nuevas conjeturas. Esto es lo que Brousseau (1986) clasifica dentro de las etapas de acción, formulación y validación.

Esta teoría está centrada en la construcción del saber por el alumno; partiendo de concepciones existentes en él, se busca construir nuevas a través de situaciones con distintos obstáculos. El profesor debe imaginar y proponer a los alumnos situaciones matemáticas que ellos puedan vivir, que provoquen la emergencia de genuinos problemas matemáticos y en las cuales el conocimiento en cuestión aparezca como una solución óptima a dichos problemas, con la condición adicional de que éste conocimiento sea construible por los alumnos.

Al hablar de análisis crítico nos referimos, por ejemplo, a que el sólo conocimiento del cálculo de una media aritmética no asegura un correcto uso de la misma para extraer conclusiones. Esto surge a partir de la idea de que una práctica docente que se enmarque en una enseñanza basada en la resolución de situaciones problemáticas, será más eficaz que la posición tradicional, promoviendo un aprendizaje significativo por parte de los alumnos, ante la dificultad que tienen los mismos a la hora de interpretar y analizar la información obtenida y tomar decisiones propias y acordes.

Todo este proceso no es posible sin los métodos y medios que llevan a la modelización de situaciones didácticas.

“Chevallard plantea que la noción de modelización permite mirar globalmente la actividad matemática desde la escuela hasta la Universidad y suministrar un marco de referencia a partir del cual es posible reconocer diferencias significativas entre diferentes dominios de la matemática, al considerar el tipo de problemas que pueden modelizarse en cada uno de ellos, los modelos que toleran, las herramientas que se usan.”(Sadovsky, 2005)

Bajo esta concepción el trabajo del alumno es comparable a la actividad del científico: ocuparse de problemas para hacer matemáticas, encontrar buenas soluciones y buenas preguntas a las situaciones propuestas por el profesor. Por su parte, el maestro debe efectuar, no la comunicación de un conocimiento, sino la devolución de un buen problema.

En esta propuesta la herramienta modelizadora es la estadística y específicamente sobre esta disciplina, el diseño curricular de la Ciudad de Buenos Aires (2004) plantea que:

“En los últimos tiempos, variados conocimientos propios de la estadística han invadido el mundo. Los resultados de las encuestas se presentan en diagramas. Numerosa información de índole social, cultural, política, deportiva, aparece en diferentes tipos de tablas o gráficos. Muchas instancias de la vida social se ven influidas por este tipo de conocimiento. Se usa como un nuevo lenguaje, como una manera económica de presentar muchos datos, como instrumentos para indicar el desarrollo o la evolución de ciertos procesos, etc.

Estos conocimientos son nuevos para los alumnos. Por lo tanto, la escuela debe desarrollar actividades que les permitan comenzar a dominar críticamente estas herramientas.

Es importante tener en cuenta las diferentes maneras en que puede ser organizada la información: tablas de frecuencias, diagramas de barras, histogramas, pictogramas, gráficos circulares. Cada una de estas representaciones intenta explicar o destacar aspectos que no son tan evidentes en otras presentaciones.

Otro aspecto es la noción de frecuencia relativa que se vincula con la de porcentaje. Los alumnos podrán analizar distintos gráficos con el objeto de identificar las variables que se han tenido en cuenta para construirlos y que dan lugar a análisis diversos.

También parte de la tarea del alumno será distinguir aquellas situaciones que provienen de una población y las que provienen de una muestra de ella.

Plantear trabajos que demanden la búsqueda de promedios, de modas para posteriormente considerar el promedio como indicador de una tendencia en un caso y en otro, la moda.

Por último, un punto a tener en cuenta está vinculado con las falacias que permiten las estadísticas, según quién sea el encargado de manipular los datos y la información para alguna inferencia que se quiera justificar. En particular, es importante reflexionar sobre la posibilidad de que la construcción de gráficos en los cuales se representa la información recabada sea tendenciosa, es decir, que busca resaltar algún hecho en particular. Si se logra dominar esta cuestión, el alumno podrá ser más riguroso en el estudio de datos, de informaciones y de representaciones a las que acceda.”

Objetivo

El objetivo general es favorecer el uso y análisis crítico de la Estadística en un contexto de investigación específico, como la Biología, y evaluar conclusiones propias de los alumnos que surjan del análisis de datos estadísticos.

Este trabajo, también, es motivado por el interés de conocer el estado general de la calidad del aire que respiramos en el colegio. Teniendo en cuenta la facilidad de reconocimiento y registro de los distintos tipos de líquenes, nos propusimos utilizar esta técnica de registro para determinar (a grandes rasgos) el estado de la diversidad líquénica en el predio del colegio y por lo tanto, determinar la calidad del aire del colegio.

Biología de los líquenes

Los líquenes son organismos simbióticos, formados por un hongo y un alga o por un hongo y una bacteria, debido a sus características estructurales y fisiológicas están desprotegidos de las sustancias tóxicas que pueden estar en el aire y por lo tanto mueren al entrar en contacto con ellas. Esta característica los convierte en bioindicadores de algunas sustancias contaminantes del aire, como por ejemplo el SO₂ (dióxido de azufre) y el CO (Monóxido de carbono) (Hawksworth, 1992). Existen tres tipos de líquenes los crustosos, los foliosos y los fruticulosos, cada uno de estos tipos son menos resistentes a la contaminación ambiental respectivamente (Curtis y Barnes, 1995). En este trabajo los alumnos utilizarán la capacidad de bioindicadores que tienen los líquenes, proponiendo hipótesis acerca de su distribución y tipo en los árboles ubicados en el predio del colegio, tomarán registro de datos en un muestreo y realizarán análisis estadístico sobre estos registros y discutirán grupalmente acerca de su validez.

EXPERIENCIA DIDÁCTICA

La siguiente secuencia se desarrolló con alumnos que cursaron el primer año de la Escuela Secundaria del partido de Pilar en la Provincia de Buenos Aires.

Conocimientos previos de los alumnos:

En **ciencias naturales**: La naturaleza de las ciencias naturales, estrategias de investigación científica, organismos bioindicadores, biología de líquenes.

En **Matemáticas**: Tablas de frecuencia, parámetros: media y moda, gráficos de frecuencia. Porcentajes.

1er Etapa (antes del muestreo):

- a- Luego del estudio de la biología de los líquenes y de su utilización como bioindicadores, se les propuso a los alumnos que plantearan hipótesis posibles para el uso de los líquenes como bioindicadores presentes en las inmediaciones del colegio. Teniendo en cuenta las hipótesis planteadas por los alumnos de manera individual se seleccionó una única hipótesis de manera general.
- b- A partir de la hipótesis los alumnos supusieron un posible foco de contaminación, que determinaría la distribución de los líquenes en los árboles del colegio. Para dicho análisis dividieron en 5 sectores el predio del colegio.
- c- Los alumnos, de acuerdo con la hipótesis planteada de manera general, diseñaron tablas para la recolección de datos necesarios para poner a prueba la hipótesis. De las mismas se desarrolló una tabla general de acuerdo con las características que alumnos encontraban necesarias para el estudio. De este modo, se determinaron las variables a considerar.

2da Etapa (Muestreo)

- a- Se trabajó en pequeños grupos de 6 alumnos. Cada grupo estaba a cargo del muestreo de los árboles de uno de los 5 sectores determinados del colegio. Se coordinó con los alumnos que el muestreo debía tener las siguientes características: Se tomaría registro de los líquenes ubicados por debajo del 1,5m del tronco del árbol identificándose, en primer lugar presencia / ausencia de líquenes y luego el tipo de líquenes presentes, aunque no se contemplarían en la muestra árboles cuyo troncos evidencien modificaciones por presencia de actividad humana. Cada grupo contaba con una planilla con la tabla general para el registro de datos.
- b- Una vez finalizado el muestreo de cada sector en el aula se generó una tabla que contuvo los datos obtenidos por todos los grupos.

3ra Etapa (Análisis de la información y conclusión)

- a- Trabajo con los datos brutos a partir de los conocimientos previos.

- b- En los grupos cada integrante analizó individualmente los datos brutos y propuso tablas de frecuencia, porcentajes o tasas, como así también los gráficos que consideró pertinentes.

Cada grupo seleccionó, a partir del debate, como debía ser para ellos el estadístico que dé respuesta a la hipótesis planteada.

Discusión general sobre las tablas, parámetros, porcentajes y gráficos realizados de acuerdo a las variables utilizadas. La misma se llevó a cabo con intervención del docente que actuó como coordinador, interrogando sobre la utilidad y suficiencia de las tablas y gráficos obtenidos.

Es importante resaltar que este es el momento donde se planteó como situación problemática la pertinencia del análisis de datos con el objetivo de la actividad. Algunos de los temas que entraron en discusión fueron:

- ¿Es importante saber la cantidad de datos muestreados por sector si conozco las tasas o porcentajes de presencia de líquenes?
- En el sector más alejado el porcentaje de presencia fue de 100%, ¿es lo mismo para esta investigación que este porcentaje surja de haber muestreado un único árbol que de haber muestreado veinte árboles?
- ¿El uso de qué tipos de gráficos es correcto de acuerdo a las variables consideradas?
- ¿Qué tipos de gráficos permiten evaluar la hipótesis de manera adecuada? Por ejemplo, en esta investigación los gráficos circulares muestran cómo se reparte la presencia total en cada sector pero no permiten evidenciar la información necesaria para evaluar la hipótesis, mientras que gráficos de columnas que presenten los sectores ordenados de acuerdo a su lejanía evidencian de mejor manera los resultados obtenidos.

- c- De acuerdo con el análisis realizado, los alumnos realizaron la presentación de un único trabajo con los datos obtenidos y compartidos, parámetros calculados y gráficos elaborados y las conclusiones que los mismos permitieron.

Resultados obtenidos por los alumnos

1ra Etapa: (antes del muestreo)

- 1) El supuesto foco de contaminación determinado por los alumnos fue la autopista panamericana ubicada próxima al predio del colegio. De acuerdo con la misma, con ayuda de un mapa satelital, se dividió el predio del colegio en 5 sectores denominados A, B, C, D y E alejándose éstos, respectivamente, de la autopista panamericana.
- 2) Las hipótesis elegidas por los alumnos a partir de sus propuestas fueron:
 - a- *“La presencia de líquenes será más abundante a medida que nos alejemos de la carretera Panamericana”*
 - b- *“La presencia de líquenes será más abundante a medida que nos alejemos de la carretera Panamericana”*

- 3) La tabla para el registro de datos elegida por los alumnos partir de la diseñada por ellos fue la que se muestra en la Figura 1:

Árbol N°	Líquenes Presencia / Ausencia	Formas de Crecimiento	Otros datos
		Foliosa	
		Fruticulosa	
		Crustosa	

Figura 1: Tabla elegida por los alumnos para el registro de datos

2da Etapa (muestreo)

A partir de los datos obtenidos en la tabla presentada en la Figura 1 los alumnos generaron una tabla general con los datos obtenidos por todos los grupos en todos los sectores. Figura 2:

Sector	Cantidad de árboles mustrados	Cantidad de árboles con líquenes	Cantidad de árboles con líquenes crustosos	Cantidad de árboles con líquenes foliosos	Cantidad de árboles con líquenes fruticultosos
A	20	14	12	7	0
B	24	18	15	12	0
C	23	22	22	12	0
D	27	25	18	18	7
E	20	20	18	17	8
Total	114	99	85	66	15

Figura 2: Tabla general cantidad y tipo de líquenes por sector.

A partir de esta tabla (Figura 2) los alumnos obtuvieron una nueva tabla de porcentajes en cada sector (Figura 3).

Tabla de porcentajes

Sectores	Cantidad de árboles con líquenes	Cantidad de árboles con líquenes crustosos	Cantidad de árboles con líquenes foliosos	Cantidad de árboles con líquenes fruticultosos
Sector A	70%	86%	50%	0%
Sector B	75%	83%	67%	0%
Sector C	96%	100%	55%	0%
Sector D	93%	72%	72%	28%
Sector E	100%	90%	85%	40%

Figura 3: Tabla de porcentajes de presencia y tipos de líquenes por sector.

Los alumnos consideraron importante también la tabla general (Figura 2) que brinda información necesaria para ser presentada en la estadística pero analizaron los datos a

partir de la tabla de porcentajes (Figura 3) y diseñaron gráficos de barras de porcentajes de los distintos datos obtenidos. (Figuras 4 y 5)

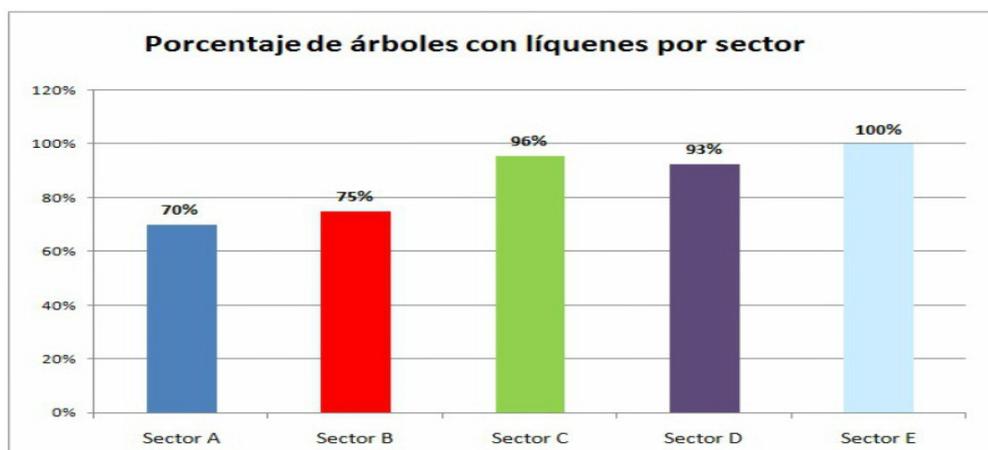


Figura 4: Porcentaje de árboles con líquenes por sector.

También a partir de la tabla mostrada en la Figura 3, los alumnos analizaron la sucesión de los líquenes a lo largo de los sectores a medida que se alejaban de la fuente de contaminación (Panamericana). A través de este análisis los alumnos construyeron un nuevo gráfico como el que se ve en la Figura 5.

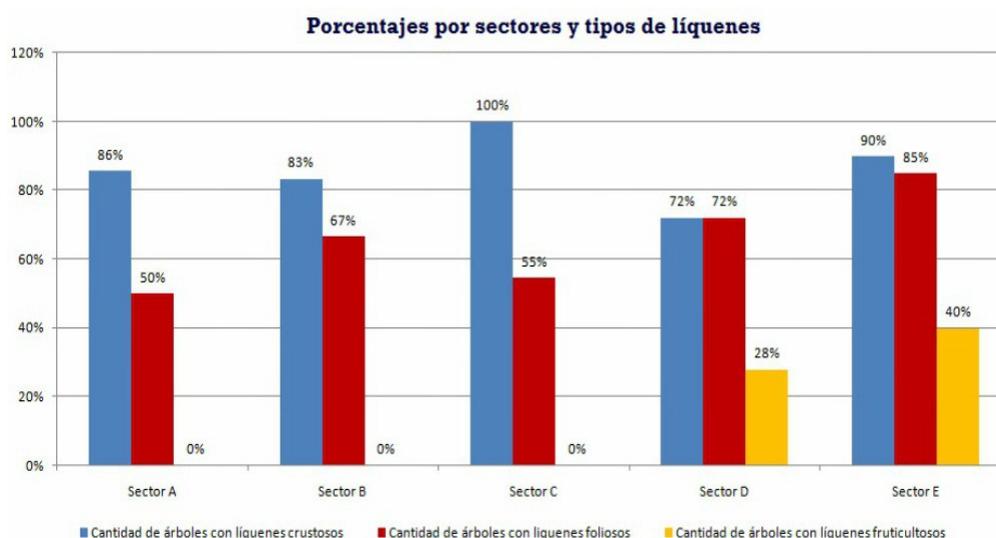


Figura 5: Porcentaje de líquenes por tipo en los distintos sectores

3er Etapa: Conclusiones realizadas por los alumnos

Los alumnos trabajando en grupo evaluaron y analizaron los distintos resultados obtenidos y pusieron a prueba sus hipótesis cotejándolas con estos. Entre la diversidad de datos analizados y de resultados obtenidos discernieron acerca de la utilidad de los mismos y de cómo éstos podían explicar el problema inicial y la puesta a prueba de las hipótesis. Concluyeron que: la primera hipótesis “La presencia de líquenes será más abundante a medida que nos alejemos de la carretera Panamericana” se confirmaba

gracias al análisis de resultados observados en el gráfico de barras de la Figura 4. La segunda hipótesis “*La presencia de líquenes será más abundante a medida que nos alejemos de la carretera Panamericana*” también fue confirmada por los alumnos que utilizaron para esto el gráfico de barras de la Figura 5.

CONCLUSIONES GENERALES DE ESTA EXPERIENCIA

Los alumnos pudieron entender al conocimiento científico como una construcción grupal al que se llega a través de estrategias, que si bien en esta ocasión contó con la propuesta de hipótesis no siempre es así. También pudieron poner en práctica diversas estrategias de investigación que usualmente utilizan los científicos bajo las condiciones conocidas como “ciencia escolar” interesándose sobre un tema cotidiano como lo es la contaminación ambiental, en particular en este caso contaminación del aire. Entendiendo a la ciencia escolar como un objeto autónomo con características propias, desarrollado en un contexto científico de educación (Izquierdo *et al.* 1999).

Durante la totalidad del desarrollo de esta actividad los alumnos se mostraron involucrados con la tarea a realizar y expectantes sobre los resultados que podían obtener para conocer sobre la realidad del problema, desde esta perspectiva creemos que los alumnos lograron una toma de conciencia sobre el problema que, como señala Galagovsky (1993), son necesarias para llevar al aula metodologías científicas.

Con respecto al uso de la estadística y la matemática como herramienta modelizadora, los alumnos realizaron un fuerte trabajo de análisis crítico de los conocimientos aplicables lo que los obligó a tomar decisiones fundamentadas y es esta toma de decisiones la que lleva a asegurar el conocimiento.

Aunque no todos lograron el mismo nivel de competencias para el análisis crítico de la estadística, este trabajo proporciona como mínimo una base para la posterior elaboración de las mismas.

Se evidenció con este trabajo que el alumno intenta realizar, en un primer momento, todas las tablas y tipos de gráficos que conoce sin importar su utilidad. Es el contexto y la necesidad única de dar respuesta a la evaluación de una hipótesis planteada, los que dan importancia a la discusión sobre utilidad de las herramientas.

Durante el desarrollo de esta experiencia se logró así una interesante autonomía por parte de los alumnos tanto en lo referente a las uso de las estrategias de investigación, como en el análisis de resultados, utilizando herramientas estadísticas apropiadas, lo cual refuerza el carácter motivacional que tienen este tipo de experiencias.

Es interesante también rescatar la importancia del trabajo en pequeños grupos, en donde, a través de debates internos, los integrantes congeniaron para elegir las herramientas estadísticas a utilizar y la lectura de las mismas, dentro de una diversidad de propuestas estadísticas surgidas en el seno del grupo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, C. (2008) “Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica por parte de estudiantes en trabajos de campo”.

<http://es.scribd.com/doc/12276569/Propuesta-Didactica-Usando-Liquenes-Como-Bioindicadores-de-Contaminacion-Atmosferica>. Tesis de postgrado. Universidad de Talca

Alvarez, B., Gonzalez, I. y Rituerto, E. (2010) “Los líquenes como bioindicadores” Unidad didáctica del Dto de Cs. Naturales del colegio I.E.S VII como parte del programa Líquenes y contaminación atmosférica de COMENIUS. Disponible en: <http://liquenes.ticlegio.com/unidad-didactica>. Leon

Bressan, A., Zolkower B. y Gallego, F. (2005) Los principios de la educación matemática realista. Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Brousseau, G. (1986) “Fundamentos y Métodos de Didáctica de la Matemática”, en Recherches en didactique des mathematiques vol. 7.2. (Traducido por D. Fregona y F. Ortega de FAMAF, y publicado por la Universidad Nacional de Córdoba en 1993)

Curtis, E. y Barnes, H. (1995) Invitación a la Biología México: Panamericana. pp 503-504

Galagovsky, L. (1993), Hacia un nuevo rol docente. Una propuesta diferente para el trabajo en el aula, Buenos Aires: Troquel

Diseño curricular para la Escuela Primaria (2004). Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires., Segundo Ciclo, Tomo 2.

Hawksworth D. L. (1992). Litmus tests for ecosystem health: the potential of bioindicators in the monitoring of biodiversity. In: Swaminathan MS, Jana WS (Eds.) Biodiversity: Implications for global food security. Madras, Macmillan India: 184-204.

Izquierdo, M. M., Espinet, M. Garcia, R. Pujol y Sanmarti, N. (1999). “Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar” Enseñanza de las ciencias, número extra, Barcelona, 79 – 92

Mendez-Estrada, V., Rivas, M., Monje-Najera, J. (1999) “Los líquenes como bioindicadores y su uso por parte de los estudiantes para monitorear la contaminación atmosférica”. Congreso Interuniversitario de Biodiversidad. I Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica CR 31 mayo al 4 junio. 8 p. Disponible en: <http://www.tropinature.com/cvitjmn/publications/educdist/liquenes/monitcontm.pdf>

Sadovsky, P. (2005), Enseñar matemática hoy. Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Zabala, A. (1995), La práctica educativa. Barcelona: Editorial Grao.