

## CICLO ANUAL DEL FITOPLANCTON EN EL LAGO DE RIO CUARTO, COSTA RICA

Liliana Camacho V.  
Claudia Charpentier E.  
Escuela de Ciencias Biológicas  
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

### RESUMEN

Se estudió el ciclo anual del fitoplancton y los nutrientes (ortofosfatos y nitratos) en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica, durante el período 1984-85. Las muestras se obtuvieron con botellas Ruttner y Varn Dorm, en el centro del lago y en estaciones litorales. El fitoplancton se concentró por sedimentación, utilizándose solución de Lugol como preservante. El conteo de las algas se hizo con una celda de Palmer-Maloney. Durante el período de estudio se identificaron 14 especies de algas, siendo las algas verdes (Chlorophyta) el grupo dominante. Entre éstas la especie *Mougeotia geniflexa* mostró las densidades más altas. Se definió un ciclo anual en la densidad y composición del fitoplancton en relación con los cambios climáticos. Los períodos de máxima densidad poblacional coinciden con un aumento en la concentración de los nutrientes. Este aumento de nutrientes se produce como resultado del período de mezcla anual del lago al inicio de la época seca y también en relación con el incremento de la precipitación pluvial de la región. El índice de diversidad de Shannon-Weaver, mostró los valores más bajos durante la ocurrencia de los máximos poblacionales, como resultado del aumento de unas pocas especies altamente competitivas.

### ABSTRACT

The annual cycle of phytoplankton and nutrients (nitrates and orthophosphates) of Lago de Río Cuarto, Costa Rica, have been studied from February 1984 through March 1985. Water samples were obtained with a Ruttner and Varn Dorm samplers both in the center of the lake and in litoral zones.

Algal number were counted using a Palmer-Maloney counting chamber following iodine sedimentation of algal cells.

Fourteen species were identified, with a dominance of *Mougeotia geniflexa* (Chlorophyta). The peak in density of phytoplankton occurred in April and September/October, 1984 was accompanied by an increase in nutrient concentration.

Seasonal differences in the amount of rainfall and the annual period of deeper circulation were the major factors regulating annual cycle of phytoplankton, via their control of nutrient supply. Because of increase of highly competitive species, the Shannon-Weaver index exhibits the lowest values during the growth maxima of phytoplankton occurrence.

## INTRODUCCION

La dinámica del fitoplancton de los lagos tropicales ha demostrado depender de los cambios climáticos que ocurren anualmente, como resultado de la alternabilidad del período seco con el lluvioso en los trópicos. De este modo, el ciclo anual del fitoplancton se caracteriza por la ocurrencia de períodos de crecimiento máximo y mínimo de la población, que marcan una variación estacional semejante a la de las zonas templadas (Lewis 1978, 1983). Este proceso aumenta su magnitud en los lagos profundos, meromíticos o monomíticos, que permanecen estratificados por largos períodos de tiempo (Nilsen, 1984).

El lago de Río Cuarto, situado en Río Cuarto de San Carlos, Costa Rica ( $10^{\circ}21'N$  y  $84^{\circ}13'W$ ), cumple con las condiciones anteriores (Gocke, 1987).

A pesar de que existen diferencias limnológicas básicas entre los lagos tropicales, incluso dentro de una misma región, se puede establecer cierta regularidad entre las variaciones estacionales de un lago a otro. Es de esperar, por tanto, que en el lago de Río Cuarto exista relación entre el comportamiento del lago y los cambios climáticos anuales.

El presente trabajo forma parte de un estudio integrado sobre el comportamiento de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el lago de Río Cuarto, Costa Rica y pretende determinar las variaciones que existen, a lo largo del año, en la composición y densidad del fitoplancton.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó entre febrero de 1984 y marzo de 1985. Durante este período se tomaron muestras mensualmente para analizar la composición y densidad del fitoplancton del lago, así como para determinar la concentración de nitratos y ortofosfatos.

Se establecieron dos estaciones litorales y dos estaciones centrales en la zona de máxima profundidad. Las muestras para el análisis de fitoplancton se tomaron a las profundidades de 0-3-6-9-12 y 15 metros, en la zona más profunda (estaciones centrales) y hasta 9 metros en las estaciones litorales. Para la determinación de nitratos y ortofosfatos las muestras se tomaron en las estaciones centrales, a las mismas profundidades, incluyéndose además los 25-35-45 y 55 metros de profundidad.

En todos los casos se utilizó una botella muestreadora Van-Dorm para las muestras superficiales y una botella muestreadora Ruttner para las demás profundidades.

La concentración de nitratos y de ortofosfatos se determinó por el método descrito por Sánchez (1981).

Para el análisis del fitoplancton se usó una muestra de 500 ml. fijada con solución de Lugol y concentrada por sedimentación. En la mayoría de los casos la identificación de las algas se hizo a nivel de especie, basándose en la identificación previa de Umaña (1985).

El conteo de la población se hizo por duplicado, utilizando una celda de Palmer/Maloney. De acuerdo con lo recomendado por Margalef (1983), se procedió al conteo individual de células, incluso en las especies coloniales y filamentosas.

Para cada mes de muestreo se calculó el número de células por ml de las especies presentes. En todos los casos se determinó el índice de diversidad (H) por la fórmula de Shannon-Weaver (Margalef, 1983).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Lago de Río Cuarto ha sido descrito como del tipo meromítico con un hipolimnion profundo que se mezcla rara vez (Umaña, 1985). Sin embargo es común que en estos lagos ocurra un tipo de mezcla, más o menos regular, que puede provocar cambios en la concentración de nutrientes y en el ciclo biológico de los organismos.

Durante el período de estudio se presentó una marcada variación anual en la densidad del fitoplancton (Fig. 1). Puede observarse la ocurrencia de dos máximos en la densidad algal: el primero aparece en el mes de abril (1984) con valores de 703 cel./ml. y el segundo en los meses de octubre y noviembre (1984) con valores de 2975 cel./ml. y 3014 cel./ml. respectivamente. Este segundo máximo es el resultado de un aumento gradual en el número de individuos a partir de agosto del mismo año y representa los valores más altos en la densidad de la comunidad fitoplanctónica durante el período de estudio.

En la Fig. 1 también se observa la variación en la densidad de los cuatro grupos taxonómicos de algas encontrados: Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta y Pyrrophyta. Las algas verdes (Chlorophyta) dominaron durante todo el período de muestreo. El

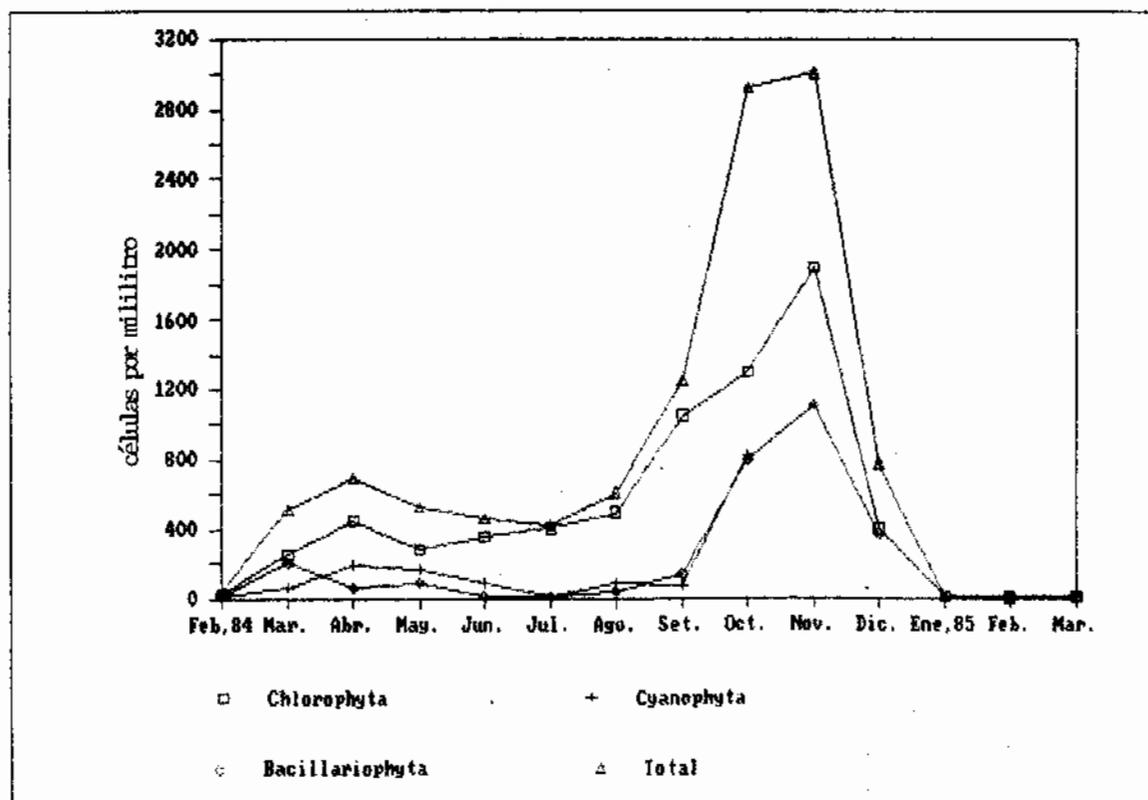


Figura 1 Variación mensual en la densidad de la comunidad fitoplanctónica y de los grupos principales en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica. Período 1984-85.

patrón de variación anual de las algas azul-verde (Cyanophyta) es muy semejante al de las algas verdes, constituyéndose en el grupo codominante de marzo a junio (1984) y de agosto a octubre del mismo año. A partir de este momento, las algas azul-verde disminuyeron su densidad y desaparecieron durante los meses de noviembre, diciembre y enero. Las diatomeas (Bacillariophyta), con poblaciones muy bajas la mayor parte del año, aumentaron su número en el mes de octubre y noviembre con densidades de 796 cel./ml y 110 cel./ml, respectivamente.

Los dinoflagelados (Pyrrophyta), están representados por una población uniespecífica que no alcanzó densidades elevadas.

*Peridinium inconspicuom* fue la especie menos abundante, pero persistente a lo largo del año.

Considerando los patrones de variación de las otras especies (Cuadro 1), se puede establecer que la especie que presentó densidades mayores a lo largo del año, fue el alga verde filamentosa *Mougeotia*

*genuflexa*. Su crecimiento máximo se observó en el mes de noviembre (1984) con un promedio de 1900 cel./ml., cifra que representó más de la mitad de la densidad fitoplanctónica total.

Algunas otras especies pueden considerarse como dominantes en algunos de los meses muestreados, por presentar densidades mayores a las 300 cel./ml. Entre ellas las diatomeas *Nitzschia* sp. y *Synedra acus* y una especie de *Anabaena* (Cyanophyta) (Cuadro 1).

Al analizar las variaciones anuales en la densidad total del fitoplancton (Fig. 1) durante los meses de estudio, es posible relacionar los máximos de crecimiento con dos sucesos en particular: el aumento en el régimen de lluvias (Fig. 2B) y la ocurrencia de mezcla en el lago (Charpentier et al., en prensa). El proceso de mezcla es provocado por una disminución de la temperatura del agua, al inicio de la época seca (Fig. 2A) y probablemente por el aumento en la intensidad del viento, fenómeno característico de esta época.

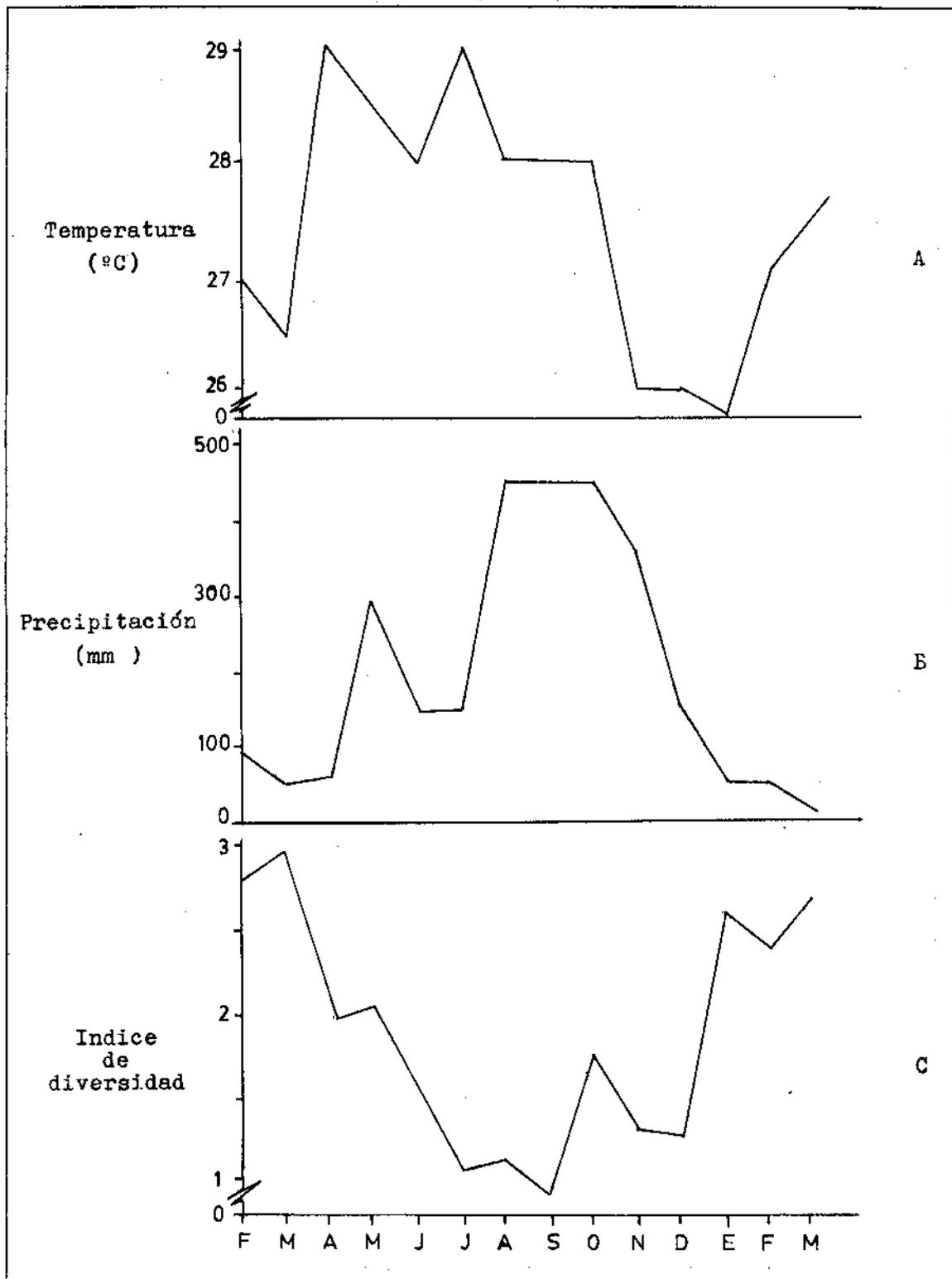


Figura 2 Variación mensual de la temperatura superficial del agua (A), de la precipitación (B) y del índice de diversidad del fitoplancton (C) en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica. Período 1984-85.

En lagos meromfíticos, como el de Río Cuarto, las capas más profundas que permanecen sin mezclarse, acumulan gran cantidad de nutrientes sin posibilidad de circular. Este fenómeno fue observado en el lago de Río Cuarto por Gocke (1987), quien determinó altas concentraciones de amonio y fosfato en el hipolimnion del lago durante el período de estratificación.

La mezcla reintegra los nutrientes a la zona fótica estimulando el crecimiento del fitoplancton: en el presente estudio se determinó un aumento en las concentraciones de nitratos y principalmente de ortofosfatos en el período posterior a la mezcla (Cuadro 2).

El primer máximo en la densidad total del fitoplancton, ocurrido en el período marzo-abril, 1984 (Fig. 1), puede por tanto atribuirse a la renovación de nutrientes causada por el proceso mencionado.

El segundo máximo en la densidad fitoplanctónica se presentó en los meses de octubre y noviembre, 1984, coincidiendo con un aumento en el régimen de lluvias de la zona, principalmente en los meses anteriores al aumento en densidad (Fig. 2B). Nuevamente hay un aumento en la concentración de nitratos y ortofosfatos en el lago que podría ser provocado por lavado de la cuenca de drenaje.

El aumento en el régimen de lluvias ha sido considerado como un factor que define uno de los períodos anuales de proliferación del fitoplancton de los lagos tropicales. La intensidad de este proceso se relaciona con el aporte de nutrientes por lavado, y depende de la intensidad de las lluvias y la naturaleza de la cuenca (Ganf, 1974; Infante, 1989). En el caso del Lago de Río Cuarto, las paredes inclinadas que lo rodean, cubiertas en gran parte por bosque, favorecerían este proceso.

Gocke (en prep.) al efectuar estudios sobre la productividad primaria de este lago (período 1978-79), comprobó que la fuente más importante de materia orgánica para el lago la constituye el material alóctono formado por restos vegetales que provienen del bosque.

El ciclo anual de productividad primaria que estableció este autor coincide con los resultados de este estudio; de este modo, los máximos determinados para ambos casos ocurren en los mismos meses del año. Esto podría indicar la ocurrencia de un patrón cíclico estacional que se repite anualmente (si no

existen perturbaciones importantes) y que determina los procesos físico-químicos y biológicos del lago.

Continuando el análisis del ciclo anual del fitoplancton en el Lago de Río Cuarto, se destaca la reducción poblacional que ocurrió en el período de enero a marzo de 1985. Durante estos meses la densidad disminuyó en forma drástica a valores cercanos a 1 individuo por ml. Esta disminución severa coincide con la presencia de un proceso determinante para la dinámica del fitoplancton; la ocurrencia de mezcla en el lago (Charpentier et al, en prensa).

Aunque la mezcla es un mecanismo que favorece el aumento en la concentración de nutrientes, cuando es profunda puede provocar una depresión momentánea de la biomasa fitoplanctónica debido principalmente al arrastre de los organismos fuera de la zona fótica.

Por otra parte, es posible considerar la participación del zooplancton con relación al mínimo poblacional del mes de julio. Durante este período ocurrió un aumento máximo de la comunidad zooplanctónica y particularmente de los cladóceros fitoplanctívoros (Ramírez, 1985). Esto determinó no sólo la disminución en la densidad del fitoplancton, sino un cambio en la composición de especies: las especies unicelulares fueron sustituidas por especies filamentosas de gran longitud, difícilmente pastoreadas, que aumentaron considerablemente su número.

La variación en la densidad de la población no fue la única característica de la dinámica fitoplanctónica que resultó afectada por los cambios entre época seca y lluviosa. También la diversidad, medida a través de los índices de Shannon-Weaver, parece estar influida por las alteraciones que sufren los factores físico-químicos del agua, como resultado de las variaciones climáticas anuales. De este modo la diversidad disminuye en períodos en que aumentan los nutrientes esenciales (Fig. 2C y Cuadro 2). El aumento de los nitratos y ortofosfatos, producto de la mezcla y de la intensificación de las lluvias, se traduce en incrementos en la densidad poblacional del fitoplancton. Sin embargo, estos máximos de densidad son el resultado del dominio de unas pocas especies altamente competitivas y se traduce en una disminución de la diversidad. Así, se puede establecer que la diversidad tiende a disminuir en períodos en que existen condiciones apropiadas para el crecimiento poblacional. Umaña (1985) menciona que en regiones tropicales bajo condiciones ambientales constantes y favorecedoras, la diversidad tiende

siempre a disminuir. Por otra parte, los índices de diversidad más altos coinciden con la época seca (febrero-marzo) y con concentraciones muy bajas de ortofosfatos y nitratos en el agua. Como conclusión, puede señalarse que este estudio contribuyó a reafirmar el concepto, ya expresado recientemente por otros autores, de que en los trópicos se da una marcada variación anual en la dinámica del fitoplancton. Esta variación se traduce en la ocurrencia de máximos y mínimos en la densidad así como diferencias en la composición del fitoplancton.

En el caso del Lago de Río Cuarto, es posible establecer un patrón estacional en relación directa

con el efecto de las lluvias y la ocurrencia de mezcla en el lago, como factores determinantes del aumento en la concentración de los nutrientes esenciales. Este patrón pareciera tener regularidad de un año a otro, lo que induce a la necesidad de estudiar la ocurrencia de ciclos estacionales similares en otros lagos y lagunas del país.

Asimismo, conviene experimentar reduciendo el lapso entre muestreos, con el objeto de registrar aquellas variaciones físico-químicas y biológicas del lago que suceden a corto plazo. Estas variaciones han demostrado ocupar, también, un lugar importante en la dinámica de los lagos tropicales.

### LITERATURA CITADA

- Charpentier, C., Tabash, F., Fallas, I., Zumbado, J., Camacho, L., Ramírez, E. 1990. Variación Estacional en el Lago de Río Cuarto, Alajuela, Costa Rica. I Limnología, Físico-Química. En Prensa.
- Ganf, G. 1974. Diurnal mixing and vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake, *Journal of Ecology*. 62: 611-629.
- Gocke, K. 1987. Morphometric and basic limnological properties of the Lago Río Cuarto, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35 (2): 277-285.
- Infante, A. 1989. El plancton de las aguas continentales. Ediciones de la Secretaría General de la OEA. Barcelona, España. 130 p.
- Lewis, W.M.Jr. 1978. Dynamics and successions of the phytoplankton in a tropical lake. *Journal of Ecology*. 66: 849-880.
- \_\_\_\_\_. 1983. Temperature, heat and mixing in Lake Valencia, Venezuela. *Limnol. and Ocean.* 28 (2): 273-286.
- \_\_\_\_\_. 1984. A five year record of temperature, mixing and stability for a tropical lake. *Arch. Hydrobiol.* 99 (3): 340-346.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega S.A., Barcelona. 1010 p.
- Nilsen, J. 1984. Tropical lakes functional ecology and future development. *Hidrobiología* 113: 231-238.
- Ramírez, E. 1985. Variaciones estacionales de la comunidad zooplanctónica del Lago Río Cuarto, Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 49 p.
- Sánchez, V. 1981. Química Analítica Experimental. Departamento de Publicaciones. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 273 p.
- Umaña, G. 1985. Phytoplankton species diversity of 27 lakes and ponds of Costa Rica. Tesis de Maestría. Brock University, Ontario, Canadá. 1879 p.