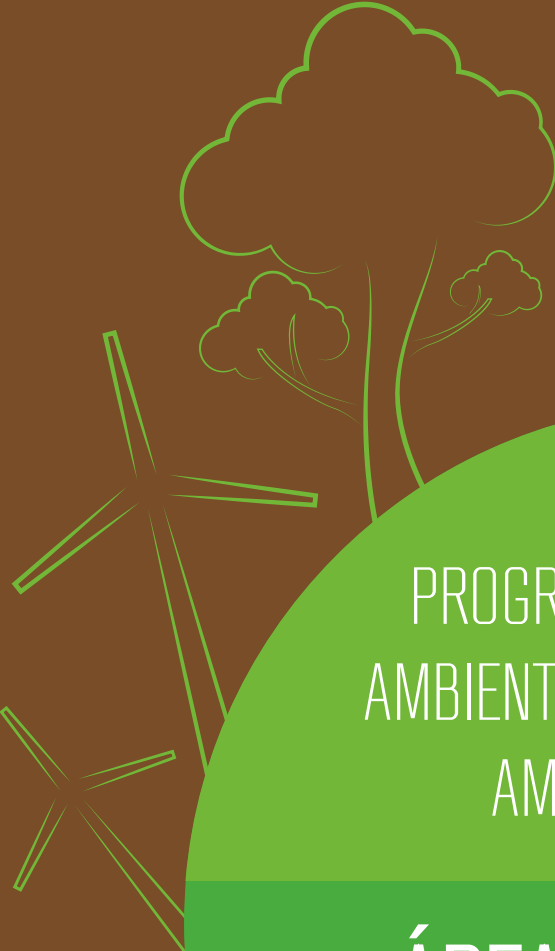


Editores:

Jesús Alfaro Rodríguez,
Kinndle Blanco Peña y
Carlos Morera Beita



PROGRAMA OBSERVATORIO
AMBIENTAL-UNA: INDICADORES
AMBIENTALES 2015

ÁREAS TEMÁTICAS:
RECURSO HÍDRICO
Y BIODIVERSIDAD



PROGRAMA OBSERVATORIO AMBIENTAL-UNA: INDICADORES AMBIENTALES 2015

Áreas Temáticas: Recurso Hídrico y Biodiversidad

Editores:
Jesús Alfaro Rodríguez,
Kinndle Blanco Peña
y Carlos Morera Beita





333.91016
P963p

Programa Observatorio Ambiental-UNA: indicadores ambientales 2015
/ Editores Jesús Alfaro Rodríguez, Kinndle Blanco Peña y Carlos
Morera Beita. -- 1. ed. -- Heredia, C.R. : Observatorio Ambiental
Vicerrectoría de Investigación, Universidad Nacional, 2015.
47 p.: il. col. ; 28 cm.

ISBN: 978-9930-9489-5-8

1. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2. RECURSOS HIDRICOS
3. BIODIVERSIDAD 4. EDUCACIÓN SUPERIOR I. Alfaro Rodríguez,
Jesús II. Blanco Peña, Kinndle III. Morera Beita, Carlos IV. Programa
Observatorio Ambiental-UNA: indicadores ambientales 2015 : Áreas
Temáticas: Recurso Hídrico y biodiversidad

Vicerrectoría de Investigación.
Universidad Nacional, Campus Omar Dengo, Heredia, Costa Rica.
Teléfono: (506) 2277-3418.
Fax:(506) 2237-6465.
Apartado postal: 86-3000 Heredia.

© PROGRAMA OBSERVATORIO AMBIENTAL-UNA: INDICADORES AMBIENTALES 2015
Áreas Temáticas: Recurso Hídrico y Biodiversidad

De conformidad con la Ley Nº 6683 de Derechos de Autor y Derechos Conexos es prohibida la reproducción de esta publicación en cualquier forma o medio, electrónico o mecánico, incluyendo el FOTOCOPIADO, grabadoras sonoras y otros.

Primera edición: Junio, 2015.

Las interpretaciones expresadas en esta obra colectiva son de exclusiva responsabilidad de los (as) autores(as).

Hecho en Costa Rica.
Diseño y diagramación: Editorial Jade / Jade Diseños & Soluciones, 2229-2610 / www.jadecr.com

Índice

PRÓLOGO.....	7
ÁREA TEMÁTICA: RECURSO HÍDRICO.....	9
Introducción.....	11
Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío-Quebrada Seca, Heredia.....	13
Caracterización hidrogeoquímica del sistema acuífero Barva.....	21
Calidad física, química y microbiológica del agua en el acuífero costero de Jacó.....	27
ÁREA TEMÁTICA: BIODIVERSIDAD.....	33
Introducción.....	35
Especies indicadoras de la salud del Parque Nacional Corcovado.....	37
Nematodos como indicadores ambientales.....	43
Dinámica y composición del bosque seco tropical de Guanacaste.....	47

PRÓLOGO

El Programa Observatorio Ambiental es una iniciativa que promueve la generación y divulgación de conocimiento basado en el quehacer académico de la Universidad Nacional. Al mismo tiempo, busca convertirse en una herramienta para las y los tomadores de decisiones y el público en general en temas prioritarios nacionales. Para ello, se estableció un grupo de académicos que contaban con datos relevantes para la confección de indicadores ambientales, distribuidos en áreas temáticas específicas (biodiversidad, recurso hídrico, calidad del aire, salud, ordenamiento territorial e impacto ambiental de las actividades propias de la Universidad). Actualmente participan investigadores de nueve unidades académicas y un programa de la institución.

Con el fin de favorecer la divulgación de los indicadores generados en el marco del Observatorio Ambiental, se confeccionará una serie de folletos divulgativos. En esta primera entrega, se muestra indicadores que exponen la problemática relacionada con la calidad del agua en varios sectores del país, así como el estado de la biodiversidad costarricense y la importancia de las presiones que la afectan.

Los insto, de una forma cordial, a tomar un momento de lectura, revisión y análisis de la información aquí contenida como una forma de enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, para apoyar la toma de decisiones en el ámbito local, nacional y regional.

Dr. Carlos Morera Beita
Vicerrector de Investigación
Universidad Nacional





ÁREA TEMÁTICA:
RECURSO HÍDRICO

Introducción

Según el II Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2006), de toda el agua disponible en el planeta, un 97,5 % es agua salada y el 2,5 % restante, agua dulce. De esta última, un 68,7 % se considera inaccesible pues se encuentra congelada en los polos, un 30,1 % es subterránea y solamente un 0,4 % corresponde a agua superficial, siendo evidente que el porcentaje de agua con facilidad de acceso para el consumo humano es sumamente bajo.

Costa Rica posee uno de los mayores índices de cobertura de agua para consumo humano, el cual fue de 97,4 % para el año 2005 (Astorga, 2005). Sin embargo, muchos de los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, presentan graves problemas de contaminación, poniendo en riesgo la salud pública del país (Peña, 2008).

Dentro de los principales problemas que afectan al recurso hídrico se encuentran: la urbanización, el crecimiento demográfico desplanificado, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua, la contaminación y los efectos del cambio climático (GreenFacts, 2009). Algunas de las causas del mal manejo del recurso hídrico en nuestro país son: su subvaloración económica, la falta de actualización y aplicación de la legislación nacional y el poco empoderamiento humano en la toma de decisiones (Peña, 2008).

Debido a la problemática existente en torno al uso y aprovechamiento adecuado del agua, en el año 2000 se propone la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), la cual se define como “un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (GWP Technical Advisory Committee, 2000). Con la GIRH, el manejo del recurso hídrico se enfoca de manera económica, ambiental y social, englobándose en una perspectiva ecosistémica que asegure la conservación de tan valioso recurso (Peña, 2008).

A continuación, se hace referencia a trabajos elaborados por investigadores de la Universidad Nacional dentro del área de recurso hídrico. En general, constituyen información importante para la toma de decisiones, ya que desarrollan indicadores relacionados con el agua en algunos sectores del país.



Bibliografía

- Astorga, Y. (2005). Estado y gestión del recurso hídrico en Costa Rica. Duodécimo informe sobre el Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible.
- Global Water Partnership, Technical Advisory Committee (TAC). (2000). Integrated Water Resources Management, TAC Background Papers N° 4.
- GreenFacts. (2009). Recursos Hídricos: Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Recuperado de: <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>.
- II Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. (2006). *El Estado del Recurso*. Capítulo 4. 118-157.
- Peña, M. (2008). *Gestión integrada del recurso hídrico en la legislación costarricense*. San José, Costa Rica: Investigaciones Jurídicas.

Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío-Quebrada Seca, Heredia



**Leonardo Mena Rivera^{1*},
Viviana Salgado Silva²,
Cristina Benavides Benavides³,
Ilena Vega Guzmán⁴ y
Juana Coto Campos⁵**

El Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico (LAMRHI-UNA) contribuye a la gestión integrada de los recursos hídricos superficiales mediante la generación de información sobre el recurso, la propuesta de soluciones a las problemáticas encontradas, la educación, el diálogo de saberes y el incentivo a la participación de todos los sectores de la comunidad. Una de las acciones que realiza este laboratorio es la evaluación de la condición física, química y bacteriológica del agua de la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca, por medio del monitoreo de parámetros sensibles a condiciones cambiantes, tanto por fenómenos naturales como por factores alterantes relacionados con la actividad antrópica. Uno de estos parámetros es el oxígeno disuelto, variable muy significativa en la determinación de la calidad de las aguas superficiales, dado su papel relevante en el mantenimiento de la vida acuática.

El oxígeno disuelto es un parámetro que ha sido utilizado para evaluar la calidad de diferentes cuerpos de agua superficiales, así como para estimar el efecto en la dinámica del mismo de los vertidos industriales, agropecuarios y residenciales, entre otros (Raj *et al.*, 2007). La presencia de oxígeno disuelto en el agua resulta principalmente de la contribución de dos procesos: la difusión del aire del entorno, favorecida por el proceso de aireación, y la fotosíntesis de organismos acuáticos productores primarios, como plantas y algas (Drolc & Zagorc, 1996).

Este parámetro está influenciado por una serie de características físicas, químicas y biológicas del río, como: la presencia de sustancias demandantes de oxígeno (algas), la temperatura, la salinidad, la materia orgánica disuelta, el nitrógeno amoniacal y los sólidos suspendidos (Sánchez *et al.*, 2007). La variación de este parámetro puede darse inclusive en periodos de 24 horas, como resultado de su dependencia de la temperatura y de la actividad biológica (fotosíntesis y respiración) (Chapman, 1996).

La concentración de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua superficial debe ser mayor a 5 mg/L para garantizar la supervivencia de las comunidades biológicas y evitar la muerte de los peces. En términos porcentuales, la concentración adecuada para la vida acuática debe ser superior al 70 % (USEPA, 1986).

^{1*} Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico, Universidad Nacional. leomr11@gmail.com. Tel: (506) 2277 3824

² Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico, Universidad Nacional. vivianae.salgado@gmail.com. Tel: (506) 2277 3824

³ Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico, Universidad Nacional. cristinabenavidesb@gmail.com. Tel: (506) 2277 3824

⁴ Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico, Universidad Nacional. ilenave@gmail.com. Tel: (506) 2277 3824

⁵ Laboratorio de Manejo del Recurso Hídrico, Universidad Nacional. juanamaria.coto@gmail.com. Tel: (506) 2277 3824

En la actualidad, la disminución del oxígeno disuelto en los cuerpos de agua está relacionada, principalmente, con procesos de contaminación y con alteraciones de los ecosistemas asociados, como las riberas. Cuando a una corriente de agua ingresa material demandante de oxígeno, su degradación ocurre inicialmente por procesos aeróbicos que consumen el oxígeno disuelto para su oxidación, formándose productos finales ino-cuos. Si el consumo de oxígeno ocurre a una tasa mayor que su tasa de reposición, el oxígeno disuelto en el agua disminuye, produciéndose la degradación de los materiales por procesos anaeróbicos, cuyos productos finales pueden ser tóxicos para los seres acuáticos producir y olores desagradables (Flanagan, 1992).

Metodología

La microcuenca del río Burío-Quebrada Seca pertenece a la subcuenca del río Bermúdez y, a su vez, a la cuenca del río Grande de Tárcos. Los cursos de agua más importantes son: el río Burío, que nace en los Ángeles de San Rafael de Heredia, y la Quebrada Seca, cuyas aguas emanan en Getsemaní de San Rafael de Heredia. Ambas corrientes se desplazan en dirección suroeste, cubriendo parte de los cantones de San Rafael, Barva, Heredia, Flores y Belén, de la provincia de Heredia, y el distrito de San Rafael de Ojo de Agua, de la provincia de Alajuela, antes de desembocar en el río Bermúdez (Mena, 2011).

En la microcuenca se establecieron ocho puntos de muestreo, utilizando como criterios de selección las características del entorno y el impacto estimado del desarrollo urbano y de las actividades antropogénicas puntuales y no puntuales sobre el río. En el Cuadro 1 se detalla la ubicación de los mismos.



Cuadro 1.

Ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca.

Punto	Coordenadas	Altitud (msnm)	Descripción
1RB	N 10°01'84,7" O 84°05'77,3"	1 415	Naciente del río Burío en San Rafael de Heredia.
2RB	N 10°00'20,9" O 84°07'08,7"	1 183	Puente que comunica la urbanización Santa Lucía y Heredia centro.
3RB	N 10°00'20,9" O 84°07'32,6"	1 156	Puente que comunica Mercedes Norte con la Clínica de Heredia.
4RB	N 10°0'3.44" O 84°7'40,83"	1 100	Puente entre Mercedes Norte y Mercedes Sur, en las inmediaciones de la Escuela de Cubujuquí.
5RB	N 10°00'15,4" O 84°08'10,0"	1 096	Puente entre Mercedes Norte y Mercedes Sur, a pocos metros de la unión entre el río Burío y la Quebrada Seca.
6RB	N 9°59'92,2" O 84°04'96,7"	1 055	Puente cerca de la Clínica de San Joaquín de Flores.
7RB	N 9°58'52,48" O 84°10'57,44"	910	Centro de San Antonio de Belén, en margen derecha de finca de la ANDE.
8RB	N 9°58'29,93" O 84°11'58,76"	880	Frente al Proyecto Gol, carretera a Santa Ana, cerca de la desembocadura en el río Bermúdez.

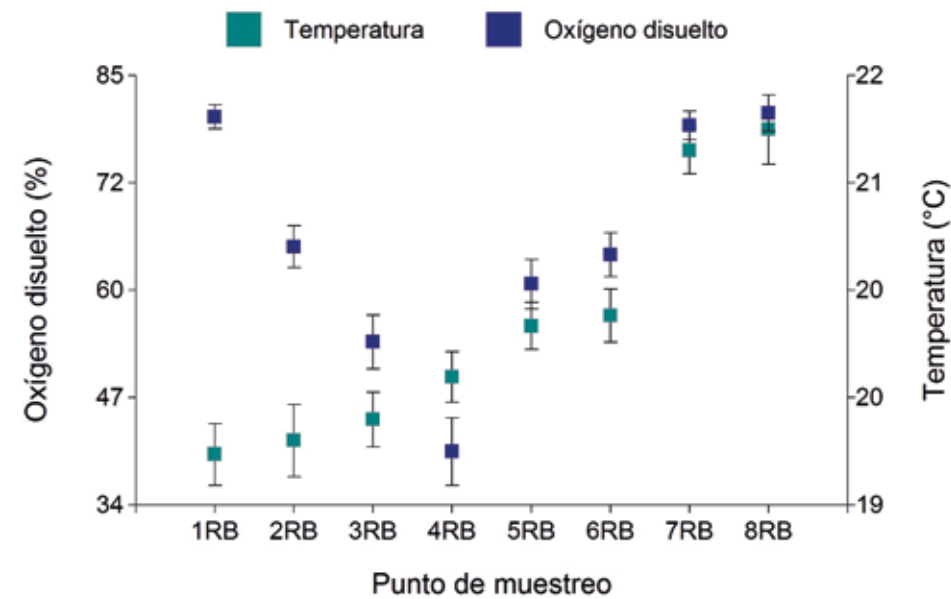
Se realizaron mediciones *in situ* de la temperatura ambiental, la temperatura del agua y el porcentaje de saturación de oxígeno, utilizando la metodología descrita en el Standard Methods for the Examination for Water & Wastewater (Eaton *et al.*, 2005). En total se obtuvieron 303 datos de cada parámetro, entre las 5:00 am y 9:00 am, en el periodo comprendido entre octubre del 2005 y noviembre del 2014, considerando el patrón de precipitación en el área de estudio.

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2014), en donde se graficaron los datos por punto de muestreo, época y año. En cada gráfico se incluye el error estándar de las mediciones.

Resultados e interpretación del indicador

Figura 1.

Variación en el porcentaje de saturación de oxígeno y temperatura por punto de muestreo en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca.



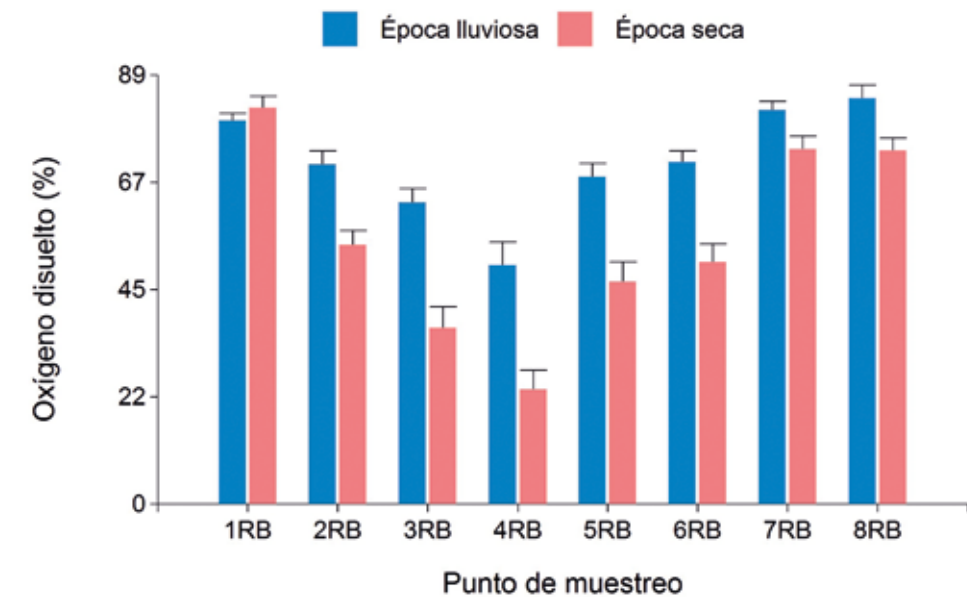
Como se observa en la Figura 1, el punto 4RB destaca porque en él se midió la menor concentración de oxígeno disuelto. El valor promedio de oxígeno disuelto en este punto es de 40,61 %, que se encuentra por debajo del valor mínimo recomendado. Esta zona de la microcuenca se caracteriza por el deterioro de sus riberas, las que se mantienen cubiertas por vegetación alterada y fluctuante a lo largo del año, por la permanente intervención de las personas de las cercanías y la expansión de la infraestructura. Otro factor que altera el punto de muestreo 4RB es el ingreso de aguas residuales, canalizadas por las acequias y alcantarillas, así como la cercanía de la calle al cauce. Al curso de agua llegan con facilidad no solo aguas contaminadas, sino también sólidos sedimentables y otros que se acumulan en el cauce y en las riberas. Otras condiciones que desfavorecen la oxigenación del río en esta zona son el cauce angosto, la columna de agua estrecha y el consecuente estancamiento de las aguas. Si bien no hay evidencia directa de contaminación fecal, los olores y la gran cantidad de material orgánico acumulado en el lecho del río podrían ser determinantes en las bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Los puntos 2RB, 3RB, 5RB y 6RB presentan niveles de oxígeno similares. Sin embargo, la tendencia al aumento en el porcentaje de oxígeno disuelto en los puntos del 5RB al 8RB evidencia que, después del punto 4RB, se da un aumento en la capacidad de depuración del río, el cual puede estar influenciado por un incremento en su caudal.

En la Figura 1 se observa que existe una tendencia ascendente en la temperatura del agua al descender en la microcuenca. Esta variación se debe a las características geográficas propias de cada zona. En el caso de San Rafael de Heredia, es una zona montañosa y, por ende, la temperatura es menor si la comparamos con la zona de Belén de Heredia. Considerando que la máxima diferencia de temperatura se da entre los puntos 1RB y 8RB y que corresponde a un valor de 2,37 °C, no existe evidencia de contaminación térmica en la microcuenca del Río Burío-Quebrada Seca.

Figura 2.

Variación en el porcentaje de saturación de oxígeno por punto de muestreo, distribuido por época del año en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca

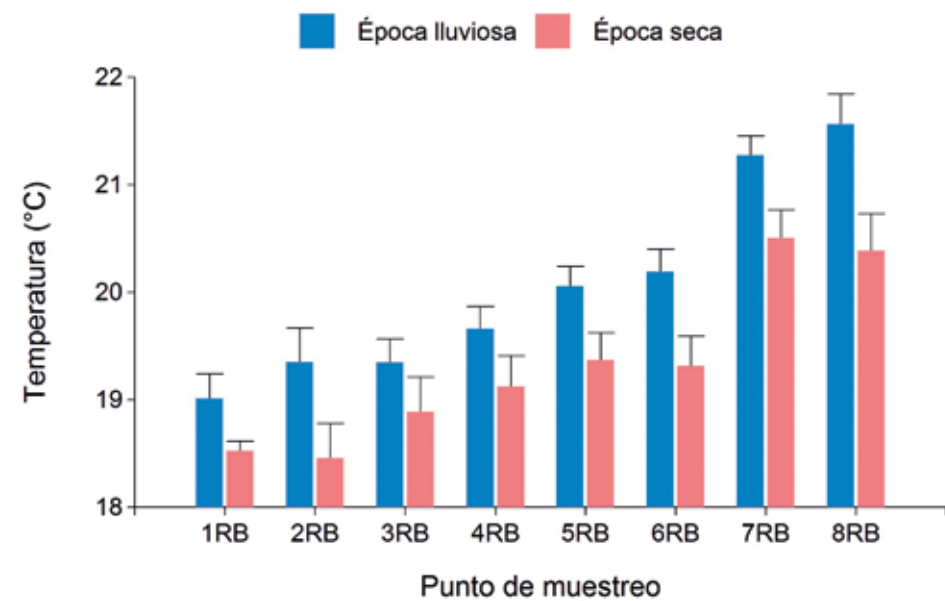


En la Figura 2 se muestra que, en los diferentes puntos de muestreo, existe una diferencia entre la concentración de oxígeno disuelto determinado durante la época seca y la época lluviosa, generalmente se observa un incremento de la concentración durante la época lluviosa. El aumento en la precipitación durante la época lluviosa, ocasiona un incremento en el caudal del río (efecto de dilución) y esta condición, asociado a la disminución de la temperatura promedio y la limpieza del lecho del río por las fuertes corrientes que movilizan los contaminantes, contribuyen a explicar la diferencia en la concentración de oxígeno disuelto entre las épocas.

El punto 4RB se mantiene como el punto con menor concentración de oxígeno disuelto en todas las épocas y no logra alcanzar valores mayores al mínimo recomendado. Respecto al punto 1RB, los datos en época seca son escasos, debido a que la naciente del río pierde su caudal y, por ello, la diferencia que se observa entre las dos épocas puede no ser representativa.

Figura 3.

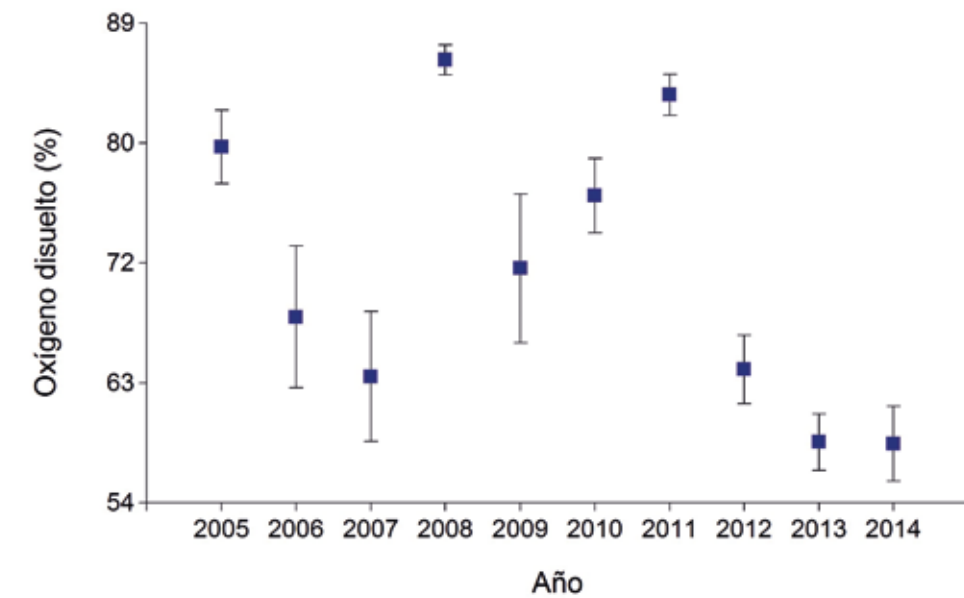
Variación en la temperatura por punto de muestreo distribuido por época del año, según la precipitación (lluviosa y seca) en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca.



El comportamiento de la temperatura durante las épocas seca y lluviosa fue similar a la tendencia analizada por punto de muestreo, ya que se evidenció un incremento en la misma al descender en la microcuenca (Fig. 3). Esta tendencia se mantuvo tanto en época lluviosa como en época seca. Las horas en las cuales se realizaron los muestreos y la presencia de vientos alisios en la época seca permiten explicar las bajas temperaturas que se obtuvieron en esta estación.

Figura 4.

Variación en el porcentaje de saturación de oxígeno por año en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca.



En promedio, la menor concentración de oxígeno disuelto en la microcuenca (Fig. 4) se encontró en los años 2013 y 2014, con 58,13 % y 58,03 % respectivamente. El incremento en las actividades antropogénicas que se generan en la zona y la falta de regulación de la legislación ambiental han ocasionado un deterioro en la calidad del agua de la microcuenca.

Considerando el comportamiento del oxígeno disuelto por punto de muestreo, en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca se puede identificar cinco zonas: la primera incluye únicamente la naciente del río Burío (punto 1RB), que se diferencia de las demás por las altas concentraciones de oxígeno y por la intermitencia del flujo de agua. La segunda zona incluye los puntos 2RB, 3RB, 5RB y 6RB, con tensiones de oxígeno inferiores al 70 %, y la tercera corresponde al punto 4RB, con las concentraciones más bajas de toda la microcuenca. Los puntos 7RB y 8RB describen la quinta zona, donde los porcentajes de saturación de oxígeno son altos y se encuentran por encima de un 70 %, similar a los medidos en el punto 1RB.

Bibliografía

- Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: a guide to use of biota, sediments a water in environmental monitoring*. Cambridge: Chapman & Hall.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. (2014). *InfoStat* (versión 2014) [Grupo InfoStat, FCA]. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Drolc, A., & Zagorc, J. Water quality modelling of the river Sava, Slovenia. *Water Research*, 30(11), 2587-2592.
- Eaton, A., Clesceri, L., Rice, L., & Greenberg, A. (Eds). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: APHA, AWWA, WEF.
- Flanagan, P. (1992). *Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards* (2nd Edition), Ireland: Environmental Research Unit.
- Mena, L. (2011). *Calidad de las aguas superficiales como insumo para la definición de áreas de atención prioritaria en la gestión integrada de la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca* (Tesis de licenciatura en Química Industrial). Costa Rica, Universidad Nacional.
- Raj, P., Lee, S., Lee, Y., Raj, S., & Pratap, S. (2007). Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environmental Monitoring Assessment*, 132, 93-110.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M., Vicente, J., Rubio, A., García, M., Travieso, L., & Borja, R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*, 7, 315-328.
- USEPA. (1986). *Quality criteria for water*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

Caracterización hidrogeoquímica del sistema acuífero Barva

Alicia Fonseca Sánchez*,
Helga Madrigal Solís¹,
Jenny Reynolds Vargas¹,
Hazel Calderón Sánchez¹

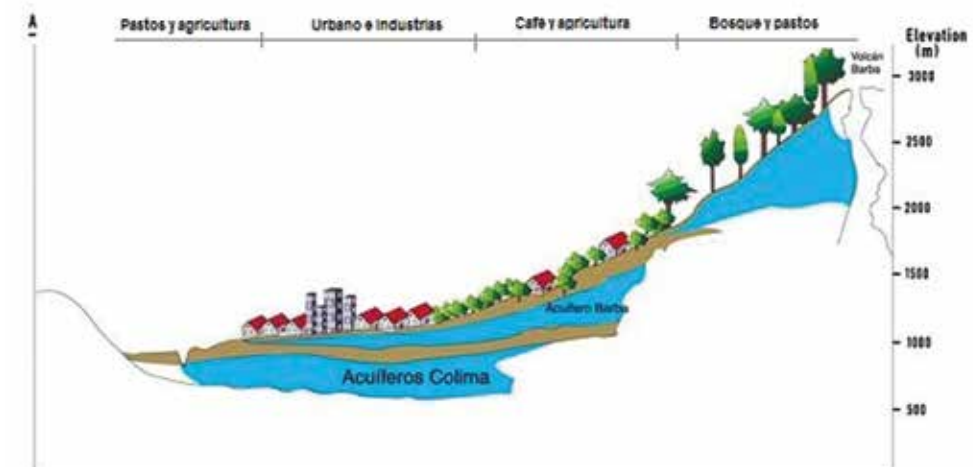
Un acuífero es una formación geológica y una importante fuente de agua para el abastecimiento humano. La composición química del agua subterránea está influenciada por las interacciones con el material geológico en que se encuentra (Fehdi *et al.*, 2009) y por las actividades antropogénicas que se desarrollen en las zonas de recarga. El agua subterránea está en continuo movimiento y su composición química evoluciona en espacio y tiempo. Las características hidrogeoquímicas pueden variar dependiendo del tipo de acuífero, su litología, la recarga, el grado de confinamiento, la vulnerabilidad y el uso del suelo sobre este, características que pueden ser evidenciadas por medio de la caracterización hidrogeoquímica (Bortolini *et al.*, 2014).

En el Valle Central se encuentran el acuífero Barva y los acuíferos Colima, los cuales abastecen de agua a una parte importante de la población de Heredia, Alajuela y San José. Se estima que alrededor de 700 000 personas se abastecen con el agua de estos acuíferos por medio de acueductos municipales, Asociaciones de Acueductos Rurales (ASADAS) o por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). Sobre el área que sobreyace el acuífero Barva se desarrollan gran cantidad de actividades y se da un uso de suelo principalmente urbano y agrícola (Fig. 1).



Figura 1.

Usos de suelo generalizados sobre el acuífero Barva y Colima, Heredia, Costa Rica.



¹ Laboratorio de Hidrología Ambiental, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. alicia.fonseca.sanchez@una.cr. Tel: (506) 2277 3494.

La distribución espacio temporal de las propiedades físico-químicas y concentraciones de las especies químicas disueltas en el agua se denomina campo hidrogeoquímico y se ha determinado que, bajo condiciones naturales, este puede variar en el espacio pero es muy constante en el tiempo (Kania *et al.*, 2011). Sin embargo, en acuíferos libres y superficiales, la variabilidad temporal se debe a actividades antropogénicas de diversa naturaleza. Además, ciertos parámetros químicos, como los nitratos, pueden servir como indicadores de contaminación proveniente de zonas agrícolas y urbanas sin alcantarillado sanitario, zonas que se presentan con gran frecuencia sobre el acuífero Barva (Fig. 2). El presente estudio pretende caracterizar hidrogeoquímicamente el agua de los acuíferos Barva y Colima.

Figura 2.
Uso de suelo predominante sobre el acuífero Barva.



Metodología

El acuífero Barva se encuentra ubicado en la parte noroeste del Valle Central (Fig. 3), en las partes altas de la cuenca del río Virilla. Tiene un área de 275 km² y un espesor saturado que va desde los 4 a los 66 m, aproximadamente. Por su parte, el acuífero Colima se localiza bajo un sector de las formaciones geológicas del acuífero Barva (Fig. 4).

Figura 3.
Ubicación geográfica del acuífero Barva.

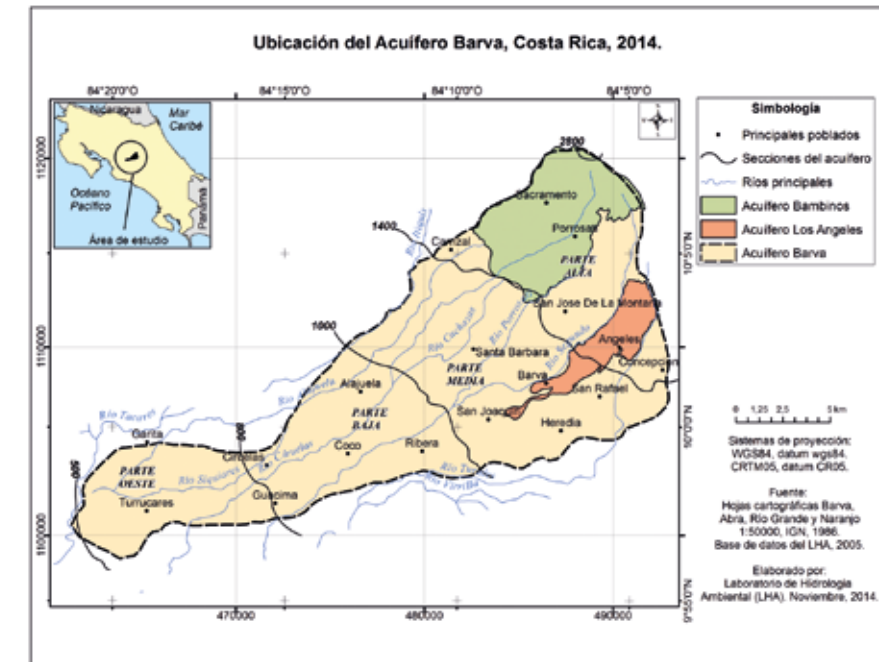
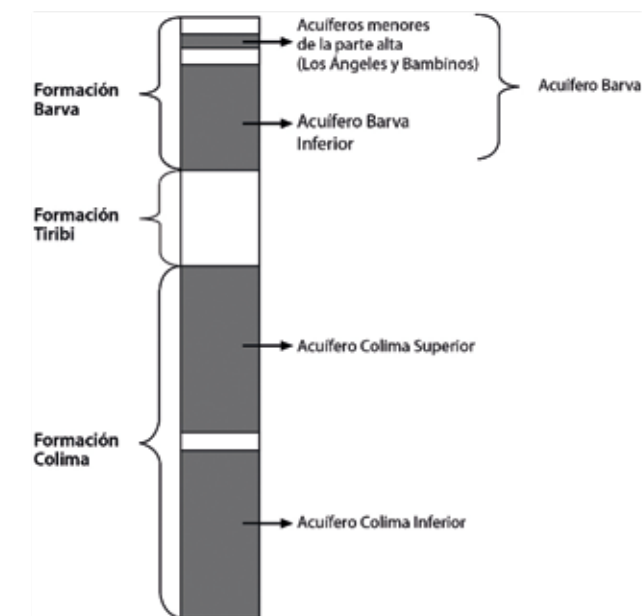


Figura 4.
Columna geológica simplificada con las ubicaciones relativas de los miembros geológicos que comprenden el área de estudio, sistema de acuíferos Barva (modificado de BGS/SENARA, 1988).



Se seleccionaron 51 sitios para conformar la red de muestreo (Fig. 5), los cuales fueron evaluados físico-químicamente desde setiembre del 2002 hasta el mayo del 2004, cada tres meses, para un total de 5 a 9 muestras por cada sitio. Se determinó, *in situ*, la conductividad eléctrica, la temperatura y el pH. Además, se analizaron los siguientes iones: calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruro, sulfato, nitratos y bicarbonato, siguiendo los protocolos correspondientes (APHA, 1995) en el Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA).

Figura 5.

Sitios de muestreo para la caracterización físico y química del agua subterránea de los acuíferos Barva y Colima.

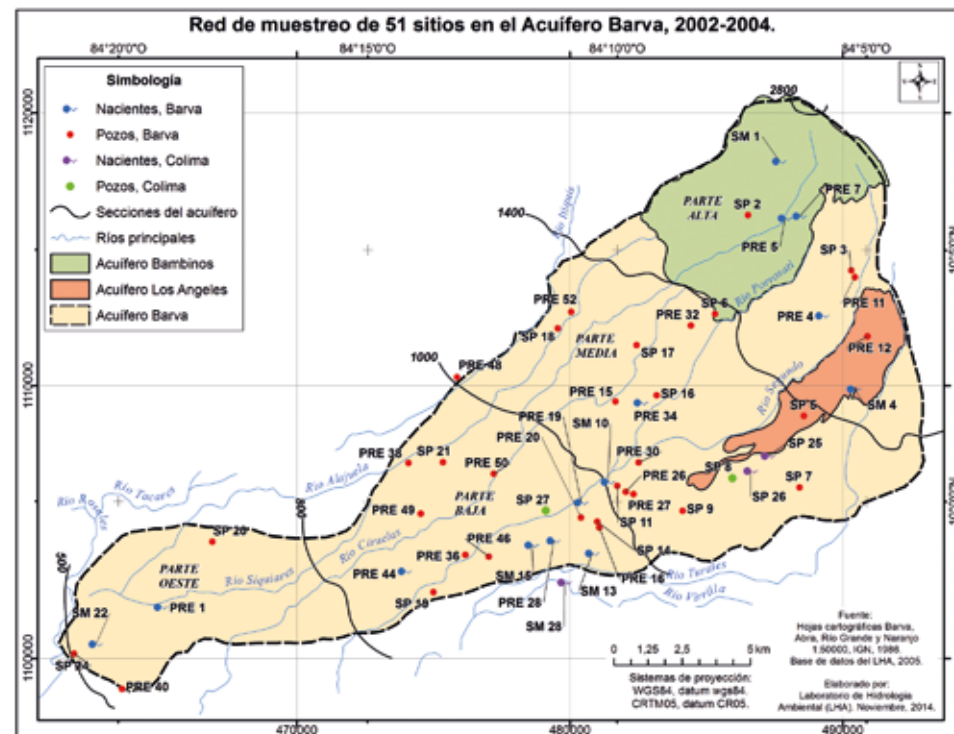
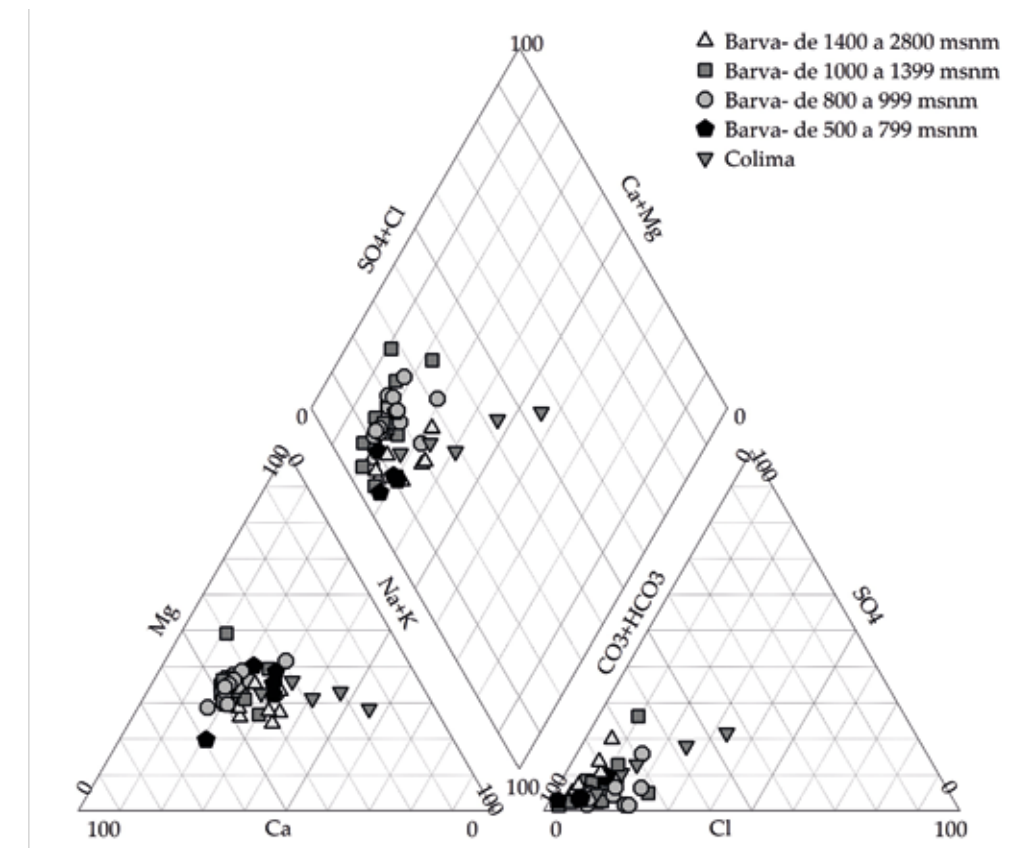


Figura 6.

Diagrama de Piper para las aguas subterráneas de la zona de estudio. Se utilizó el promedio de los resultados en los sitios en donde se había realizado más de un muestreo.



A pesar de que el agua del acuífero Colima forma parte de la misma familia hidrogeoquímica que el agua del Barva, se encontraron concentraciones mayores de K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} en el acuífero Colima. Los resultados de conductividad eléctrica, Mg^{2+} y HCO_3^- también son relativamente elevados.

Interpretación del indicador

Los acuíferos Barva y Colima poseen una calidad de agua aceptable que puede ser utilizada para abastecimiento humano, debido a que ningún parámetro analizado sobrepasó los valores de las guías de calidad del agua que recomiendan la OMS (2011) y el decreto 32327-S (2005).

El agua del acuífero Barva es de tipo bicarbonatada cálcico-magnésica y los sitios muestreados presentaron proporciones iónicas muy similares por razones como zonas de recarga en todo el acuífero y composición de rocas del acuífero muy similar. Los sitios muestreados del acuífero Colima también se clasificaron como aguas bicarbonatada cálcico-magnésicas, similitud que puede ser explicada por la ocurrencia de procesos de mezcla con el acuífero Barva.

El agua del acuífero Colima presenta bajas concentraciones de nitratos y cloruros, lo que se atribuye a que la mayor parte de su extensión se encuentra protegida por el acuífero Barva que lo sobreyace, aunque existe evidencia de cierta conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

Resultados

Las concentraciones de los iones mayoritarios fueron similares entre épocas secas y lluviosas. El agua muestreada del acuífero Barva se clasificó como bicarbonatada cálcico-magnésica, según el análisis del diagrama de piper (Fig. 6). Asimismo, la mayoría de los sitios muestreados del acuífero Colima también captaban aguas de este tipo.

Bibliografía

- APHA (American Public Health Association) (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater (19th edn). Washington, DC: APHA.
- Bortolini, T. A., Roehe, P., Leão M. I., & Schneider, V. E. (2014). Hidrogeología e hidroquímica dos aquíferos fraturados associados às rochas vulcânicas ácidas no Município de Carlos Barbosa (RS). *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9(1), 55-67, doi: 10.4136/ambi-agua.1270.
- Fehdi, C., Rouabhia, A., Baali, F., & Boudoukha, A. (2009). The hydrogeochemical characterization of Mor-sott-El Aouinet aquifer, northeastern Algeria. *Environmental geology*, 58(7), 1611-1620. doi: 10.1007/s00254-008-1667-4.
- Kania, J., Witczak, S., & Rózański, K. (2011). Classification of Groundwater Quality Based on Variability of Hydrogeochemical Environment. En A. Baba, G. Tayfur, O. Gündüz, K. Howard, M. Friedel & A. Cham-bel (Eds.), *Climate Change and its Effects on Water Resources: Issues of National and Global Security*, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 3 (pp. 247 - 257) doi 10.1007/978-94-007-1143-3_27. The Netherlands: Springer.
- Madrigal-Solís, H., Fonseca-Sánchez A., & Reynolds-Vargas, J. (2014). Caracterización hidrogeoquímica de los acuíferos volcánicos Barva y Colima en el Valle Central de Costa Rica. En Revisión.
- Reglamento para la calidad del agua potable. *Decreto No 32327-S*, 2005.
- World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality. WHO Press, World Health Organization, Geneva, Switzerland 541 pp.

Calidad física, química y microbiológica del agua en el acuífero costero de Jacó



**Rolando Sánchez Gutiérrez¹,
Alicia Fonseca Sánchez*¹,
Hazel Calderón Sánchez¹,
Christian Núñez Solís¹.**

En Costa Rica, el Pacífico Central representa una zona donde se desarrolla gran parte del turismo costero. En esta región se pueden identificar dos centros turísticos principales: Jacó y Quepos. Para el año 2008, la Secretaría Técnica indicó que el 69 % de los proyectos turísticos presentados para la aprobación de la viabilidad ambiental correspondían al distrito de Jacó (CREST, 2010).

En esta zona, la calidad del agua en el acuífero es de gran interés por su relación con la salud pública de sus habitantes y el desarrollo turístico. La sobreexplotación del recurso, la disposición de residuos sólidos y la carencia de un adecuado sistema de alcantarillado representan factores muy importantes que amenazan la calidad del agua en el acuífero.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua del acuífero Jacó como insumo para la clasificación hidrogeoquímica del recurso y el análisis de calidad del agua respecto a la normativa nacional vigente.

Metodología

La zona de estudio se ubicó en el Pacífico Central de Costa Rica, provincia de Puntarenas, distrito de Jacó (Fig.1). Se seleccionaron 17 pozos distribuidos aleatoriamente en el área del acuífero, incluyendo la zona alta, media y costera. Además, se incluyeron los pozos utilizados por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para abastecimiento de la población (Fig. 2 y 3). Se incluyeron puntos cercanos al antiguo botadero de basura y al Parque Ambiental de Residuos Sólidos. Los criterios de selección de los pozos fueron: su utilización cotidiana, no poseer sistema de cloración y que las bombas de extracción se encontraran en buen estado. Se realizaron tres muestreos en los meses de julio y noviembre del 2013, y marzo del 2014.

¹ Laboratorio de Hidrología Ambiental, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. alicia.fonseca.sanchez@una.cr. Tel: (506) 2277 3494.

Figura 1.

Ubicación geográfica del acuífero costero de Jacó, Puntarenas, Costa Rica

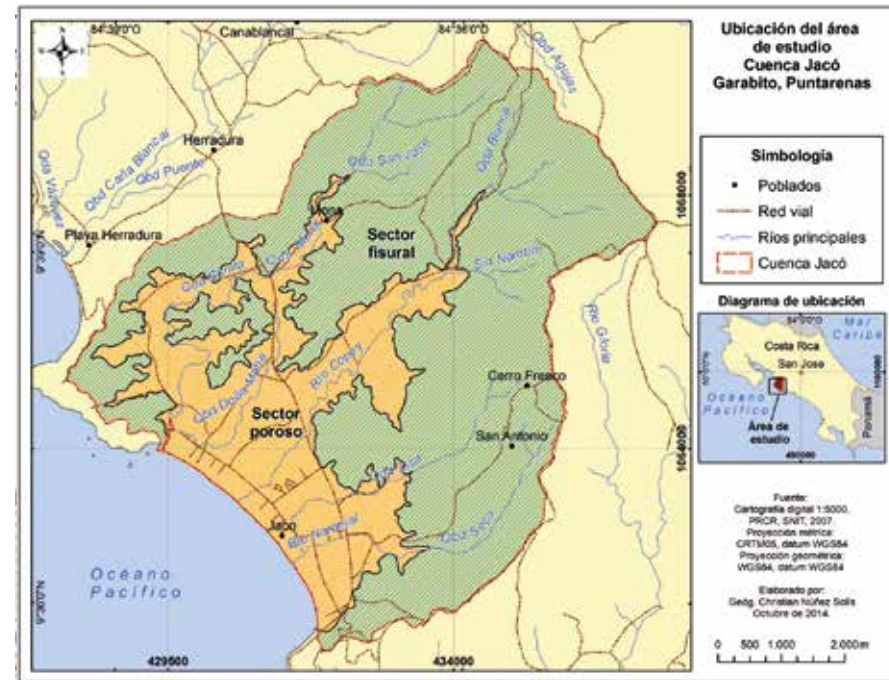


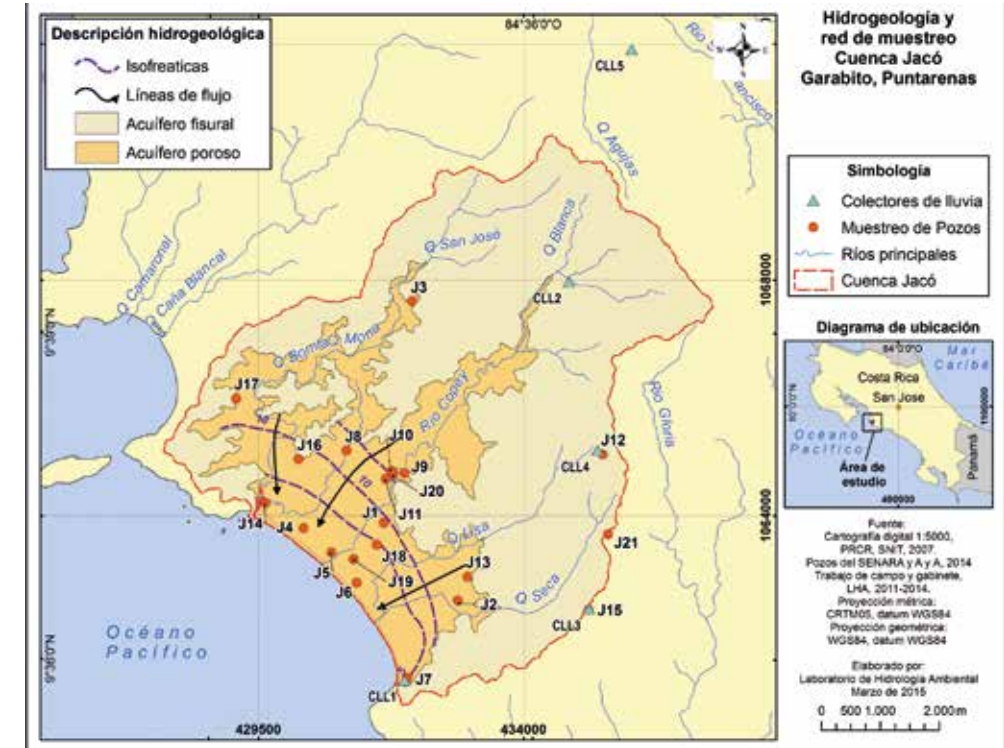
Figura 2.

Pozo del AyA para abastecimiento en el distrito de Jacó.



Figura 3.

Red de muestreo de pozos sobre el acuífero costero de Jacó, Puntarenas, Costa Rica



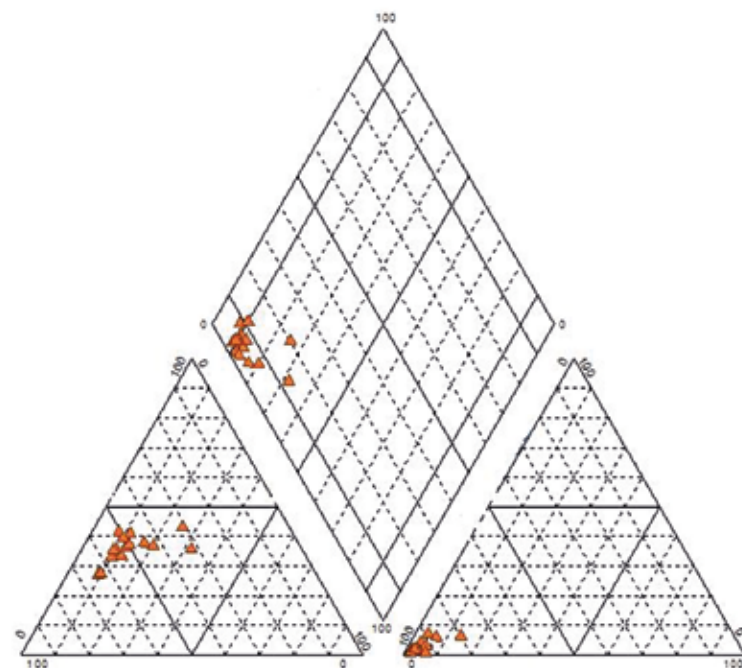
El análisis físico-químico de las muestras se realizó según las especificaciones del Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (2005), en el Laboratorio de Análisis y Servicios Químicos de la Universidad Nacional. Las pruebas microbiológicas se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de la Escuela de Ciencias Biológicas, donde se analizó la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* por la técnica de tubos múltiples.

Resultados

La hidrogeoquímica en todo el acuífero es del tipo Bicarbonatada-Cálcico-Magnésica (Fig. 4). Mediante los análisis físicos y químicos se halló altas concentraciones relativas de ion bicarbonato, lo que indica que las aguas son de poco tiempo de contacto con el suelo, relacionándolo así con rápidas recargas al acuífero.

Figura 4.

Diagrama de Piper de los pozos evaluados en el acuífero de Jacó.



La concentración de metales traza se encontró por debajo del límite de cuantificación, lo que supone que no existen indicios de contaminación por infiltración de sustancias provenientes de residuos sólidos. Los resultados de los parámetros microbiológicos indican que no existe contaminación con los parámetros de *E. coli*, coliformes fecales y coliformes totales, ni con contaminación química, principalmente nitratos.

El análisis de los índices hidrogeoquímicos muestra que no existe un proceso de intrusión salina. Los valores obtenidos para las relaciones evaluadas son acordes al tipo de agua dulce sin influencia de agua marina. Se destaca que en algunos pozos costeros se encuentran valores significativamente diferentes a los obtenidos en los demás pozos.

Interpretación del indicador

Los resultados obtenidos para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados se encuentran dentro de la normativa nacional vigente (Decreto 32327-S). Se determinó pozos en donde existía incumplimiento en algunos parámetros. Sin embargo, esa minoría de casos no supone un riesgo importante para el uso del recurso.

Los pozos fueron agrupados por su distribución geográfica con respecto a la distancia de la costa. Se evidenció que los de zona costera presentan mayores valores en los parámetros evaluados, con respecto a los pozos de la zona alta y media. Las relaciones Cloruro-Bicarbonato más altas se encuentran en los pozos que se han identificado como los más salinos, por lo que estos valores pueden servir como parámetro inicial para futuros seguimientos del agua en estos pozos.

Debido que el requerimiento de agua en el acuífero es muy variable, con una alta demanda durante el periodo vacacional, es importante poder hacer un análisis de variaciones estacionales. Se recomienda llevar un plan de monitoreo para recaudar una mayor cantidad de datos en las diferentes épocas del año, donde se incluyan un inventario de la cantidad de pozos que existen en la zona y se establezca un plan de vigilancia de parámetros críticos en los pozos más vulnerables a la contaminación por actividades antrópicas o marina.

Bibliografía

Center for Responsible Travel. Dinámica territorial del desarrollo turístico costero: Unidad del Pacífico Central. San José, Costa Rica, 2010.

Eaton, A., Clesceri, L., Rice, L., & Greenberg, A. (Eds). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: APHA, AWWA, WEF.

Reglamento para la calidad del agua potable. Decreto No 32327-S, 2005.





ÁREA TEMÁTICA:
BIODIVERSIDAD

Introducción

Biodiversidad es un término usado para describir la variedad de formas de vida, los roles ecológicos que estas desempeñan y la diversidad genética que contienen (Wilcox, 1984). Su monitoreo consiste en medir y muestrear algunas especies a lo largo del tiempo y comparar los resultados obtenidos para proveer información acerca del estado de una especie, su entorno y sus tendencias. A estas especies se les conoce como indicadores biológicos o bioindicadores.

De acuerdo con Noss (1990), un buen indicador debería:

- Detectar cambios en el ecosistema.
- Estar distribuido a lo largo de un gran área geográfica.
- No depender del tamaño de muestra.
- Ser fácil de medir, coleccionar, estimar y calcular.
- Diferenciarse entre sus ciclos naturales y las tendencias inducidas por actividades antropogénicas.
- Contar con una taxonomía bien conocida y estable.
- Poseer una biología e historia natural apropiadamente documentadas.
- Mostrar que los patrones observados en el taxón indicador se ven reflejados en otros taxa relacionados y no relacionados.

Se espera que, a través de la utilización de los indicadores, se pueda detectar, describir y predecir los cambios ocasionados principalmente por las actividades antropogénicas, con el fin de generar información importante para el desarrollo de pautas de manejo y legislación que permitan conservar los recursos para el futuro.



Bibliografía

- Noss, R.F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 55-364.
- Wilcox, B.A. (1984). In situ conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements (pp: 639-647). En J.A. McNeely & K.R. Miller (Eds.), *National Parks, Conservation and Development: The Role of Protected Areas in Sustaining Society*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.



Especies indicadoras de la salud del Parque Nacional Corcovado



Eduardo Carrillo¹,
Grace Wong¹
y Joel Sáenz¹.

Costa Rica es uno de los países más avanzados, en América Latina, en cuanto a la protección de áreas silvestres y sus recursos naturales. Sin embargo, los datos acerca de si la mayoría de las áreas boscosas costarricenses cumplen con los requisitos mínimos para mantener especies silvestres que requieren áreas extensas para sobrevivir son escasos.

Los grandes felinos, como el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*), sus presas, entre ellas, el chanco de monte (*Tayassu pecari*), la danta (*Tapirus bairdii*) y el saíno (*Pecari tajacu*) están muy relacionados con los bosques primarios. Estos animales han desaparecido en la mayor parte del país debido a la destrucción del hábitat y a la presión por cacería. Dichas especies pueden ser utilizadas como indicadoras para estimar la salud del ecosistema y ayudar a definir rutas de comunicación y límites de corredores biológicos.

Este informe presenta los resultados de los últimos 24 años de monitoreo de cinco especies de mamíferos grandes y medianos en el Parque Nacional Corcovado (PNC). Las especies incluidas son: el jaguar, el puma, el chanco de monte, el saíno y la danta.

Metodología

Para obtener los datos para el cálculo del índice de abundancia, se realizaron recorridos por los senderos de sectores definidos dentro del PNC. En cada sendero se colectó el número de pistas de cada especie y se calculó un índice de abundancia por especie, dividiendo el número de pistas registradas (ej. huellas, heces) entre la distancia recorrida en el sendero. El muestreo se realizó una vez al año, en los meses de agosto, setiembre y octubre. Las especies escogidas para este indicador fueron: el jaguar (*Panthera onca*), el chanco de monte (*Tayassu pecari*), el saíno (*Pecari tajacu*), la danta (*Tapirus bairdii*) y el puma (*Puma concolor*).

Resultados

En las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5 se muestran el índice de abundancia relativa en el PNC calculado para el jaguar, el chanco de monte, la danta, el saíno y el puma para el período 1990 – 2014.

¹ El Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional. icomvis@una.cr. (506) 2277 3282

Figura 1.
Índices de abundancia del jaguar (*Panthera onca*)
en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica.

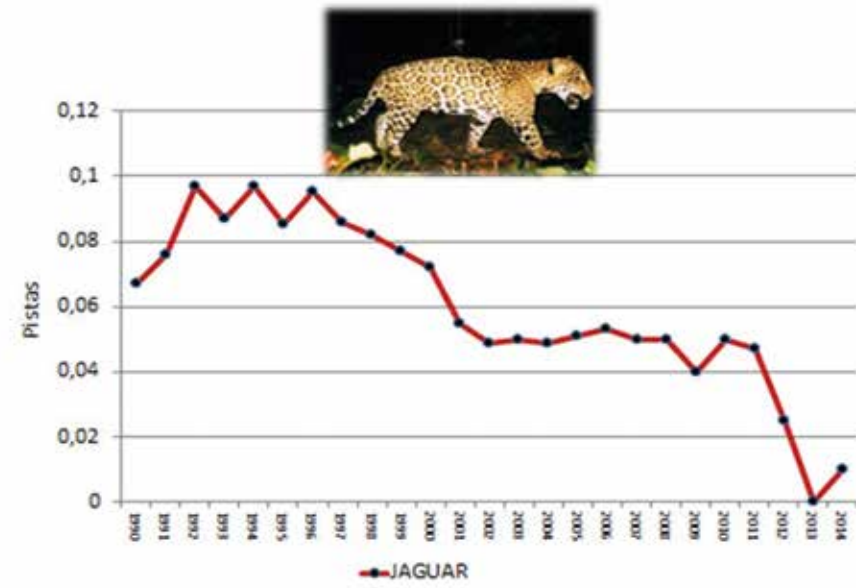


Figura 2.
Índices de abundancia del chanco de monte (*Tayassu pecari*)
en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica.

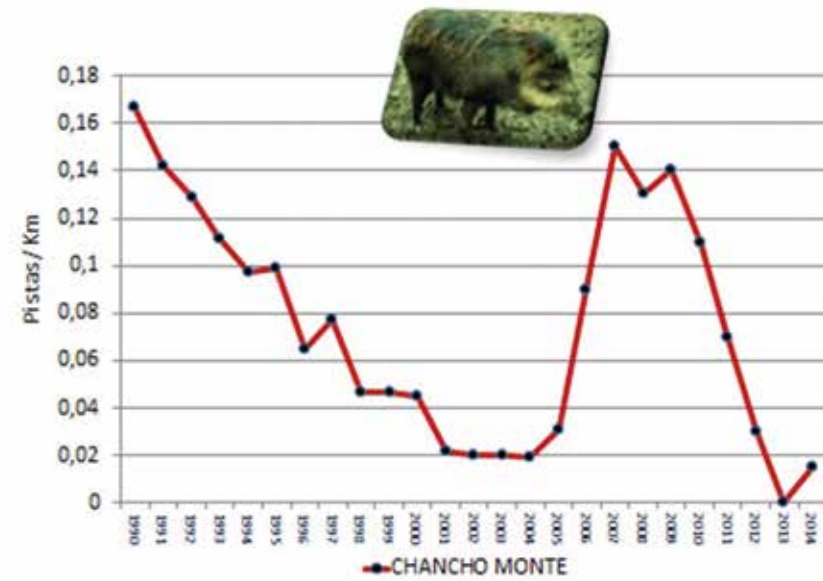


Figura 3.
Índices de abundancia de la danta (*Tapirus bairdii*)
en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica.

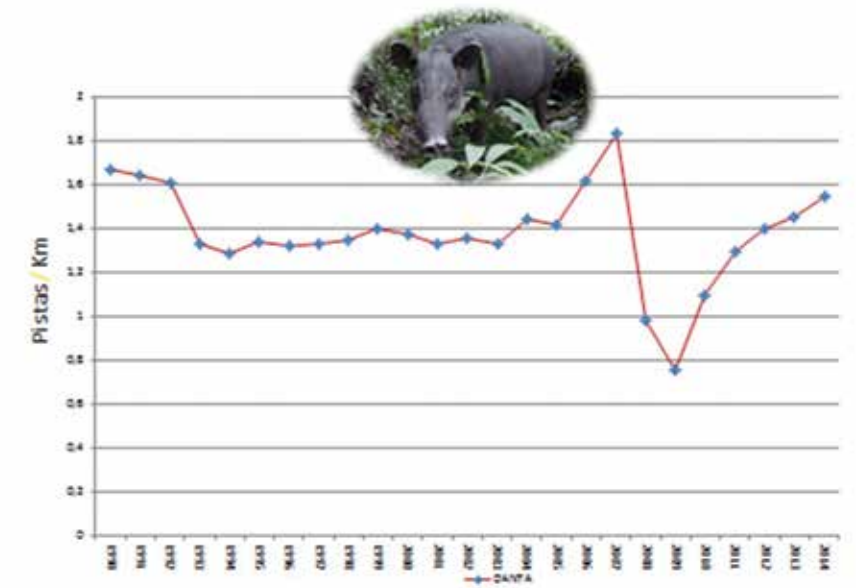


Figura 4.
Índices de abundancia del saíno (*Pecari tajacu*)
en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica.

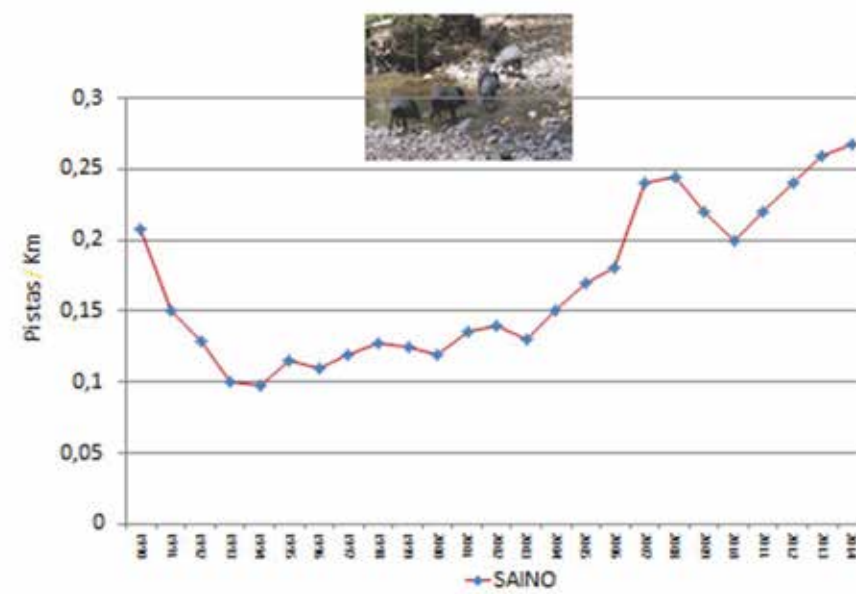
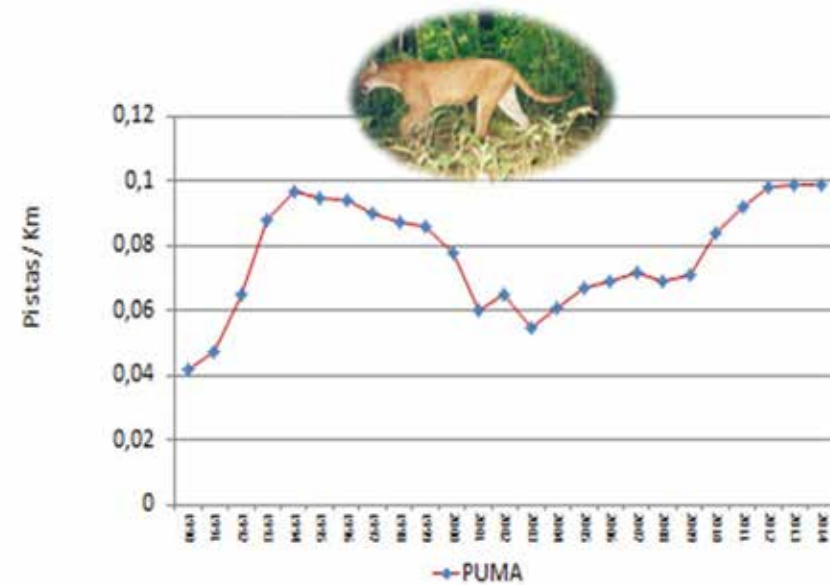


Figura 5.

Índices de abundancia del puma (*Puma concolor*) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica.



Interpretación del indicador

Los datos de índices de abundancia muestran que las poblaciones de jaguares han disminuido casi en forma sostenida en los últimos 20 años en el PNC (Fig. 1), lo que está ligado al decrecimiento en las poblaciones de chanco de monte, principal fuente de alimento de los jaguares. Esto se relaciona con el despido, en 1994, de 50 guardaparques en el área, lo que favoreció el aumento de la cacería furtiva en la zona (Carrillo *et al.*, 2000).

En la figura 2 se muestra la recuperación de las poblaciones de chanchos de monte después de un fuerte periodo de cacería ilegal en 2002 y 2003. Nuestros datos fueron utilizados para justificar la contratación de 63 nuevos funcionarios en el Área de Conservación Osa (ACOSA), lo que produjo una reducción substancial en la cacería ilegal y, por ende, la recuperación de la población de chanchos en los años 2007, 2008 y 2009. Sin embargo, se da un nuevo deterioro de la población de chanco de monte a partir del 2010, relacionado con el incremento de la orería ilegal dentro del PNC.

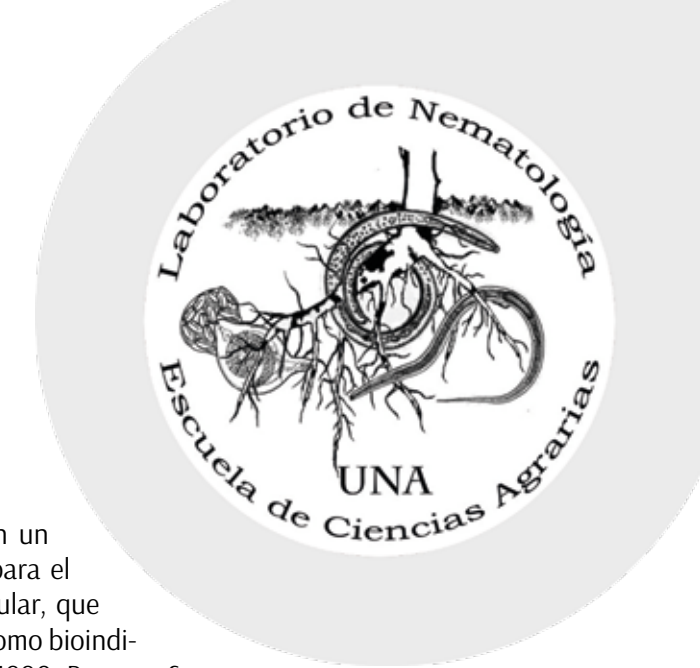
Las poblaciones de saíno y puma tienden a crecer durante los últimos años (Fig. 4 y 5) en concordancia con el descenso de las poblaciones de chanco de monte y de jaguar. Por otro lado, las poblaciones de danta se mantienen relativamente estables, con excepción de una disminución en los años 2008 y 2009 (Fig. 3), donde se dio una alta mortalidad natural cuya causa no fue documentada.

Bibliografía

- Alonso, A. (Ed.). (1997). *Biodiversity assessment and long-term monitoring, Lower Urubamba Region, Perú: San Martin-3 and Cashiriari-2 well sites*. SI/MAB Biodiversity Program.
- Carrillo, E. (2000). *Ecology and conservation of white-lipped peccaries and jaguars in Corcovado National Park, Costa Rica*. PhD. Thesis. University of Massachusetts. Massachusetts.
- Carrillo, E., Wong, G., & Cuarón, A. D. (2000). Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology*, 14(6), 1580-1591.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. A. C., & Foster, M. S. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press.
- Mata, A., & Quevedo, F. (1990). *Diccionario Didáctico de Ecología*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Meffe, G.K., & Carroll, R. (1997). *Principles of Conservation Biology*. Second Edition. Massachusetts: Sinauer Associates.
- Monning, E., & Byler, J. (1992). Forest health and ecological integrity in the northern Rockies. US Department of Agriculture. For. Ser. FPM Rep. Nos. 92-97.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), 355-364.
- Primack, R.B. (1998). *Essentials of conservation biology* (2nd edition). Massachusetts, USA: Sinauer Associates.
- Simberloff, D. (1998). Flagships, umbrellas and keystones: in single-species management passé in the landscape era? *Biological Conservation*. 83(3), 247-257.
- Wilson, D.E., Cole, F.R., Nichols, J.D., Rudran, R., & Foster, M.S. (1996). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Washington and London: Smithsonian Institution Press.



Nematodos como indicadores ambientales



Alejandro Esquivel Hernández¹

Los nematodos son gusanos cilíndricos y delgados que juegan un papel importante en una serie de procesos ecológicos claves para el funcionamiento de los ecosistemas. Una aplicación muy particular, que ha tomado auge en los últimos años, es el uso de su diversidad como bioindicador de la calidad de suelos y sedimentos acuáticos (Bongers, 1990; Bongers & Ferris, 1999; Yeates & Bongers, 1999; Neher, 2001). La ecología del suelo es sumamente vulnerable a los contaminantes y otras alteraciones, por lo que la evaluación permanente de los cambios que suceden a la microflora y microfauna es una forma de prevenir y restringir acciones que puedan afectar su multifuncionalidad. Los nematodos presentan características especiales para detectar los cambios que suceden en el ecosistema del suelo, como consecuencia de la contaminación, deforestación, eutroficación, etc.

Los nematodos los podemos dividir en dos grandes grupos: los colonizadores (c) y los persistentes (p) según su estrategia de vida y habilidad de colonizar distintos ambientes. La escala utilizada para medir el disturbio ambiental está calibrada de 1- 5, en donde el valor 1 se asigna a los extremos colonizadores y el 5, a los extremos persistentes. Hay especies que presentan características intermedias en la escala, por lo que se les asigna valores de 2-4. Esta escala es ampliamente aceptada por muchos nematólogos a nivel mundial y es la base para el cálculo de la ecuación utilizada en el monitoreo ambiental.

Metodología

El estudio se realizó en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, y en distintos agroecosistemas. Los datos corresponden a análisis de muestras realizados entre el 2005 y el 2008. Para cada sistema estudiado se identificaron cientos de nematodos a nivel de género o familia, según su complejidad taxonómica.

El índice de madurez (IM) es una ecuación simple, que evalúa la comunidad de nematodos en una muestra dada según la proporción de individuos colonizadores y persistentes. A mayor disturbio ambiental, el IM tiene valores cercanos a 1, mientras que valores por encima de 3 sugieren estabilidad ambiental.

Resultados

En las Figuras 1 y 2 se muestra el índice de madurez calculado para parcelas de bosque tropical lluvioso.

¹ Profesor Jubilado, Universidad Nacional de Costa Rica, Laboratorio de Nematología, a.esquivel.hernandez@gmail.com.

Figura 1.

Comportamiento del índice de madurez (IM), calculado para parcelas de bosque tropical lluvioso en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí y en distintos agroecosistemas.

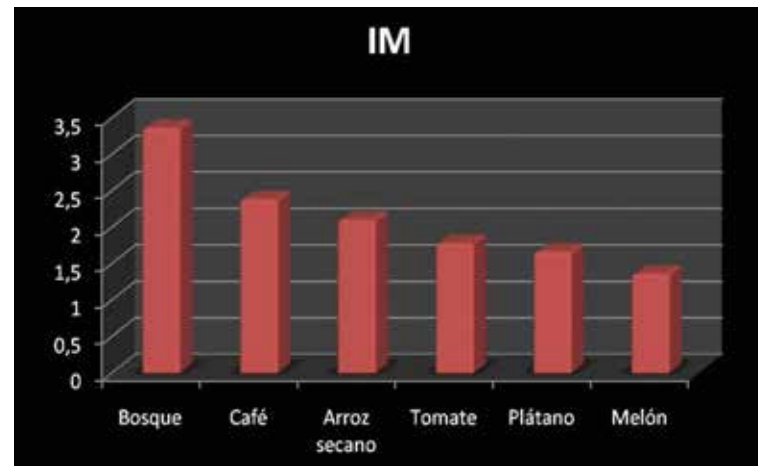
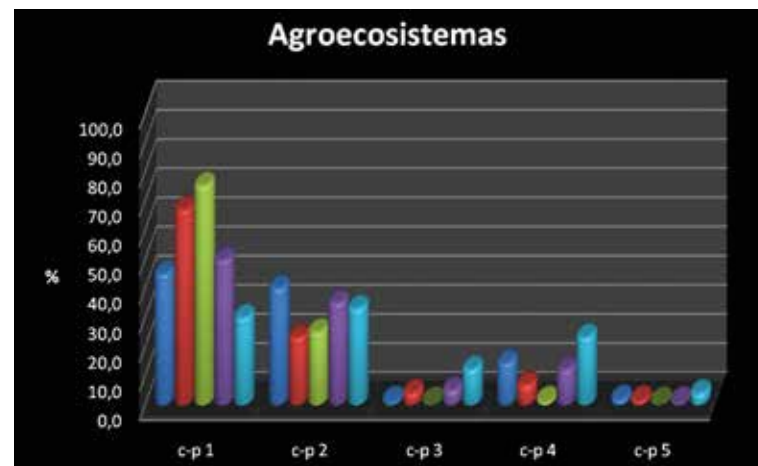


Figura 2.

Distribución porcentual de valores c-p calculados para distintos agroecosistemas [Rojo: arroz, Amarillo: plátano, Azul: melón; Verde: Tomate, Celeste: Café].



Interpretación del indicador

Nótese cómo disminuye el valor del índice de madurez en sistemas agrícolas (Fig.1). En cultivos de ciclo corto o en sistemas agrícolas en donde se utiliza gran cantidad de insumos como plaguicidas y fertilizantes, el IM tiende a ser mucho más bajo. Está bien documentado que las alteraciones físicas o químicas provocadas al agroecosistema afectan la diversidad de nematodos, la estructura trófica y el grado de sucesión alcanzado por la comunidad. El alto valor del IM en el bosque es debido a una mayor proporción de nematodos persistentes, lo que indica condiciones más estables del ambiente.

La Figura 2 complementa la información presentada anteriormente. En los sistemas agrícolas estudiados se determinó una alta dominancia de nematodos colonizadores (c-p 1 y c-p 2, Rhabditidos y Cephalobidos respectivamente) y en una proporción relativamente baja, nematodos c-p 3, c-p 4 y c-p 5. Una mayor presencia de nematodos c-p1 en la muestra indica abundancia de alimento (Bongers & Ferris, 1990), mientras que un incremento de nematodos c-p2 acompañado de disminución de c-p 1 y c-p 3-5 refleja “estrés”. Por otra parte, un incremento en la proporción de c-p 3 a c-p 5 refleja sucesión natural producto de estabilidad ambiental.

Los resultados muestran que efectivamente hay un efecto adverso en la calidad del suelo. A mayor disturbio ambiental, ya sea por labranza o aplicación de insumos, la diversidad de nematodos de vida libre disminuye. Hay que recordar que solo una pequeña parte de las especies de nematodos conocidas hoy en día son perjudiciales para las plantas. La gran mayoría juega un papel importante en el reciclaje de nutrientes y, por lo tanto, interviene en la sostenibilidad de los ecosistemas. Las medidas de control químico mediante uso de nematicidas controlan las poblaciones de nematodos fitoparásitos, pero también afectan negativamente la diversidad microbiológica del suelo. Sistemas de monitoreo ambiental empleando microorganismos es un tema que ha adquirido relevancia en la última década, herramienta que podría contribuir al sector agrícola en la implementación de tácticas que afecten en menor grado la diversidad microbiológica del suelo.

En estudios recientes se han venido incorporando otros índices de función del ecosistema que brindan una mejor resolución e interpretación de los cambios que suceden en los suelos o sedimentos acuáticos expuestos a distinto grado de disturbio. Se trata del índice basal (IB), el índice estructural (IEs) y el índice de enriquecimiento (IEr). Estos índices, al igual que el índice de madurez (IM), se fundamentan en la proporción de nematodos cp-1 a cp-5 presentes en la muestra (Ferris, 2012).

Bibliografía

- Barker, K.R., Hussey, R.S., Krusberg, L.R., Bird, G.W., Dunn, R.A., Ferris, H., Ferris, V.R., Freckman, D.W., Gabriel, C.J., Grewal, P.S., Macguidwin, A.E., Riddle, D.L., Roberts, P.A. & Schmitt, D.P. (1994). Plant and Soil Nematodes: Social Impact and Focus for the Future. *Journal of Nematology*, 26, 127-137.
- Bloemers, G. F., Hodda, M., Lamshead, P. J. D., Lawton, J. H., & Wanless, F. R. (1997). The effects of forest disturbance on diversity of tropical soil nematodes. *Oecologia*, 111(4), 575-582.
- Boag, B., & Yeates, G. W. (1998). Soil nematode biodiversity in terrestrial ecosystems. *Biodiversity & Conservation*, 7(5), 617-630.
- Bongers, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83(1), 14-19.
- Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(6), 224-228.
- Esquivel, A. (2003). Nematode fauna of Costa Rican Protected Areas. *Nematropica*, 33(2), 131-145.
- Ferris, H. (2012). Nematodes as bioindicators. En *Practical Plant Nematology*. Chapter 17. bba Biblioteca Básica de Agricultura. Grupo Mundiprensa. pp 667-698.
- Freckman, D. W. (1988). Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 24(1), 195-217.
- Freckman, D. W., & Virginia, R. A. (1997). Low-diversity Antarctic soil nematode communities: distribution and response to disturbance. *Ecology*, 78(2), 363-369
- Hodda, M., Bloemers, G. F., Lawton, J. H., & Lamshead, P. J. D. (1997). The effects of clearing and subsequent land-use on abundance and biomass of soil nematodes in tropical forest. *Pedobiologia*, 41(4), 279-294.
- Loof, P. A. A., Jairajpuri, M. S., & Ahmad, W. (1992). Freelifving, predaceous and plant parasitic nematodes. *Fundamental and Applied Nematology*, 3, 286-287.
- Neher, D. A. (2001). Nematode communities as ecological indicators of agroecosystem health. In *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Chapter 7. Gliessman, S.R. CRC Press. pp 105- 120.
- Powers, T. O., Neher, D. A., Mullin, P., Esquivel, A., Giblin-Davis, R. M., Kanzaki, N., Stock, S. P., Mora, M. M. & Uribe-Lorio, L. (2009). Tropical nematode diversity: vertical stratification of nematode communities in a Costa Rican humid lowland rainforest. *Molecular Ecology*, 18(5), 985-996.
- Procter, D.L.C. (1990). Global Overview of the Functional Roles of Soil-living Nematodes in Terrestrial Communities and Ecosystems. *Journal of Nematology*, 22, 1-7.
- SAS Institute. (2003). *SAS/STAT user guide*.9.1.3.Cary, North Carolina.
- Yeates, G. W., & Bongers, T. (1999). Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1), 113-135.
- Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of nematology*, 25(3), 315-331.

Dinámica y composición del bosque seco tropical de Guanacaste

**Gustavo Hernández Sánchez^{1*},
William Montero Flores¹,
Henry Sánchez Toruño¹,
Mauricio Sánchez Monge²,
Milena Gutiérrez Leitón³,
Pablo Montoya Gutiérrez⁴,
Pablo Mora Salas⁴,
Stephanie Nuñez⁴**

El indicador propuesto tiene como objetivo determinar el tipo y el grado de cambio en métricas básicas de estructura y composición de las especies presentes en diferentes estadios sucesionales del bosque seco de Guanacaste, a través del monitoreo continuo con parcelas permanentes de monitoreo (PPM). Estos indicadores de biodiversidad permiten evaluar el estado actual de los ecosistemas forestales y, en este caso en particular, el estado de sucesión del bosque seco secundario en comparación con el primario intervenido.

Metodología

En 1990 se establecieron tres parcelas permanentes de monitoreo de una hectárea cada una, en el bosque seco del Parque Nacional Guanacaste (PNG), dos de ellas en bosques secundarios de 14 y 34 años de edad en el momento de establecimiento, ubicadas ambas en el Sector Pocosol, y otra parcela en el bosque primario intervenido, localizada en el sector conocido como El Hacha (Fig. 1 y Cuadro 1).

1 Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), Universidad Nacional. gusta-vo.hernandez.sanchez@una.cr, montero.william@gmail.com y henry.sanchez.toruno@una.cr. Tel: 2562 4600

2 Cooperación Técnica Alemana (GIZ-Costa Rica). sanchem@racsa.co.cr.

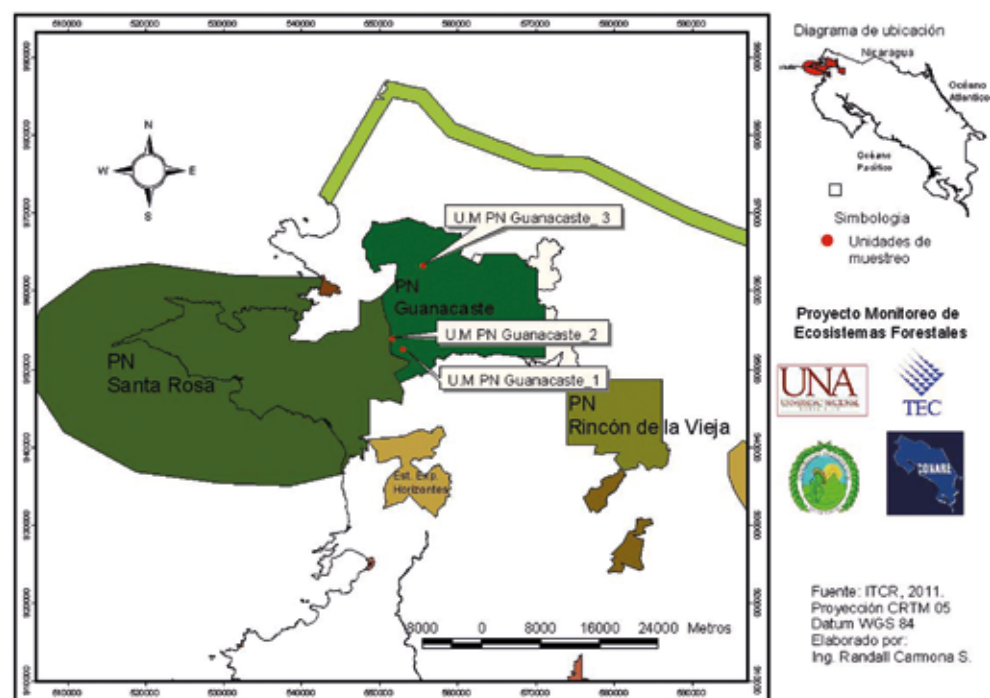
3 Área de Conservación Guanacaste (ACG), SINAC. mgutierrez@acguanacaste.ac.cr.

4 Escuela de Ciencias Ambientales (EDECA), Estudiantes de Carrera Ingeniería Forestal. pmonto-yag11@yahoo.com, josepmora0403@gmail.com, stephanienu@hotmail.es.



Figura 1.

Localización de las PPM dentro del Parque Nacional Guanacaste.



Cuadro 1.

Descripción general de las PPM dentro del Parque Nacional Guanacaste.

Nombre de PPM	Zona de Vida según Holdridge	Condición del bosque (años)	Altitud (msnm)	Tipo de suelo	Pendiente topográfica	Línea base	Última medición
PNG 1	Bosque Húmedo Premontano Transición a Basal	Secundario (38)	264	Entisol	Plano o casi plano (0 a 3%)	1990	2012
PNG 2		Secundario (58)	262	Entisol	Plano o casi plano (0 a 3%)	1990	2011
PNG 3		Primario intervenido	296	Inceptisol	Ligeramente ondulado (3 a 8%)	1990	2012

En total, se han realizado siete mediciones desde la fecha de establecimiento. Sin embargo, se presentan los resultados de cinco de ellas: 1990, 1998, 2002, 2009 y 2012. Es importante mencionar que, para el presente estudio, se aplicó en campo el Protocolo de Establecimiento y Medición de Parcelas Permanentes de Monitoreo (Sánchez, 2015), con el fin de estandarizar las mediciones y bases de datos con otras a nivel nacional. Este cambio metodológico resultó en diferencias considerables con resultados presentados en indicadores pasados en el Observatorio Ambiental, principalmente porque en mediciones anteriores cuando un árbol contaba con varios ejes de diámetro a la altura del pecho (dap) ≥ 10 cm, se contabilizaba cada eje como un individuo independiente, y por el contrario, con el protocolo un árbol con varios ejes se contabiliza como un solo individuo.

Resultados

A continuación se presenta el resultado de la dinámica del bosque seco de Guanacaste y sus cambios en número de individuos y área basal en los últimos 22 años de mediciones (Cuadro 2 y Fig. 2).

Cuadro 2.

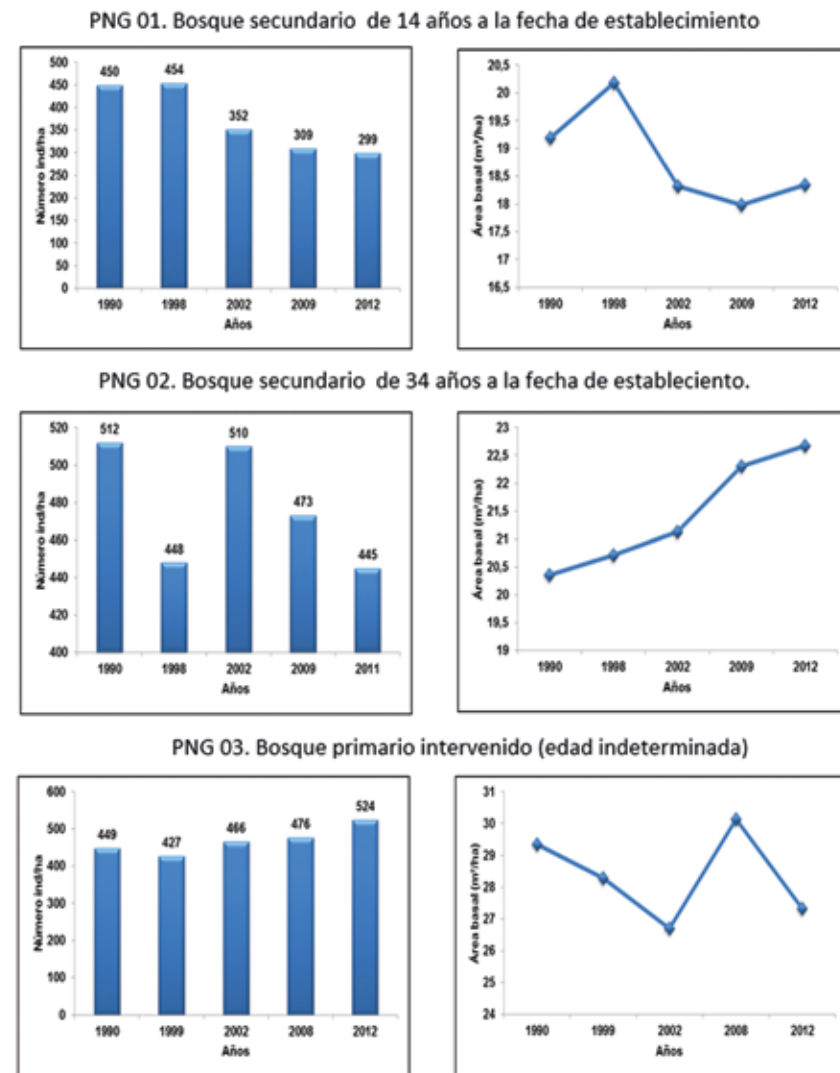
Resumen de cambios en número de individuos y área basal por PPM dentro del Parque Nacional Guanacaste.

PNG_01_Bosque secundario					
Año	Edad (años)	Nº ind/ha	Cambios (%) ind	G (m ² /ha)	Cambios (%) m ²
1990	14	450	0	19,2	0
1998	22	454	0,9	20,2	5,2
2002	26	352	-21,8	18,3	-4,5
2009	33	309	-31,3	18,0	-6,2
2012	36	299	-34,1	18,3	-4,4
PNG_02_Bosque secundario					
Año	Edad (años)	Nº ind/ha	Cambios (%) ind	G (m ² /ha)	Cambios (%) m ²
1990	34	512	0	20,4	0
1998	42	448	-12,5	20,7	1,8
2002	46	510	13,8	21,1	3,8
2009	53	473	-7,3	22,3	9,6
2011	55	445	-5,9	22,7	11,4
PNG_03_Primario Intervenido					
Año	Edad (años)	Nº ind/ha	Cambios (%) ind	G (m ² /ha)	Cambios (%) m ²
1990	Indeterminado	449	0	29,3	0
1999	Indeterminado	427	-4,9	28,3	-3,6
2002	Indeterminado	466	9,1	26,7	-5,6
2008	Indeterminado	476	2,1	30,1	12,8
2012	Indeterminado	524	10,1	27,3	-9,3

Se puede apreciar como el bosque secundario más joven (PNG 01) presenta una disminución en el número de individuos a partir de 1998, con una reducción del 34 % de los mismos, aunque manteniendo estable el área basal en 18 m²/ha. Por otro lado, el bosque secundario de mayor edad (PNG 02) tiende a una disminución en el número de árboles pero, por el contrario, incrementa el área basal respecto al año de la línea base (1990) a 22,7 m²/ha. Diferente a los casos anteriores, el bosque primario tuvo un aumento en el número de árboles, mientras que el área basal ha presentado tanto aumentos fuertes como disminuciones (Fig. 2).

Figura 2.

Número de individuos y área basal por hectárea según tipo de bosque y estado de sucesión de las parcelas, Parque Nacional Guanacaste.



El índice de valor de importancia muestra las especies más representativas de cada uno de los bosques y toma en cuenta la frecuencia, la abundancia y la dominancia relativas. La especie de mayor importancia en los tres bosques es el roble encino (*Quercus oleoides*), única especie del género *Quercus* registrada en Costa Rica para el bosque seco. En los bosques secundarios dominan especies de temperamento mayoritariamente heliófitas (dependientes de luz), mientras que en el primario se suman especies con mayor tolerancia a la sombra (esciófitas).

Cuadro 3.

Índice de valor de importancia (IVI) para las 10 especies más importantes en cada PPM del Parque Nacional Guanacaste.

PNG 01	IVI (%)					
Especie	1990	1993	1998	2002	2009	2012
<i>Quercus oleoides</i>	14,38	14,32	12,55	11,72	11,93	11,90
<i>Luehea speciosa</i>	14,49	14,53	13,14	11,14	9,97	9,75
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	13,97	14,46	11,03	9,35	7,75	7,81
<i>Rehdera trinervis</i>	7,23	7,71	6,26	5,81	6,34	6,32
<i>Lysiloma divaricatum</i>	2,78	2,83	3,99	4,93	5,17	5,14
<i>Zuelania guidonia</i>	5,14	4,29	3,40	3,70	4,06	4,25
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	4,83	5,07	3,53	3,30	3,80	3,89
<i>Cordia pamanensis</i>	3,49	3,70	4,16	4,03	4,06	3,63
<i>Cordia alliodora</i>	3,32	3,77	3,70	3,12	2,45	2,08
<i>Xylosma chlorantha</i>			0,15	0,12	0,12	0,12

PNG 02	IVI (%)					
Especie	1990	1993	1998	2002	2008	2011
<i>Quercus oleoides</i>	19,08	19,19	18,95	18,60	17,00	13,94
<i>Manilkara chicle</i>	8,81	9,23	9,75	9,80	9,73	9,94
<i>Luehea speciosa</i>	7,55	8,23	8,88	8,44	8,49	8,41
<i>Lysiloma divaricatum</i>	5,10	5,40	6,86	6,68	6,40	6,75
<i>Rehdera trinervis</i>	6,26	6,40	6,40	6,33	6,14	6,46
<i>Guettarda macrosperma</i>	4,23	4,43	4,62	4,43	4,35	4,38
<i>Zuelania guidonia</i>	2,71	2,62	2,49	3,15	3,85	3,84
<i>Mabea montana</i>	2,19	2,00	1,93	2,17	2,13	1,94
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1,93	1,62	1,39	1,34	1,05	1,23
<i>Ardisia revoluta</i>	15,31	15,38	0,21	10,49	10,50	0,19

PNG 03	IVI (%)					
Especie	1991	1993	1999	2002	2008	2012
<i>Quercus oleoides</i>	23,94	23,79	23,47	22,00	19,65	18,64
<i>Heisteria cyanocarpa</i>	12,16	12,52	13,64	14,97	17,98	16,42
<i>Hymenaea courbaril</i>	8,74	8,98	9,44	9,35	9,31	9,64
<i>Manilkara chicle</i>	5,44	5,60	4,83	5,01	4,86	4,89
<i>Ocotea veraguensis</i>	4,91	4,84	4,24	4,13	3,44	3,18
<i>Luehea speciosa</i>	2,57	2,65	2,72	2,72	2,80	2,96
<i>Simarouba glauca</i>	3,61	3,49	2,75	2,65	2,61	2,58
<i>Brosimum alicastrum</i>	2,75	2,86	2,96	2,18	2,11	2,12
<i>Sloanea terniflora</i>	2,36	2,43	2,08	2,24	2,19	2,09
<i>Casearia sylvestris</i>	0,83	0,85	0,66	0,84	0,72	0,92



Interpretación del indicador

En general, el bosque seco en estudio presenta una tendencia de mayor estabilidad conforme aumenta el estadio sucesional. Entre más joven sea el bosque, la competencia por luz y nutrientes aumenta y esto ocasiona, en gran medida, el dinamismo en el número de individuos y área basal. Sin embargo, los indicadores de abundancia y número de árboles no reflejan que la tasa de recuperación del bosque secundario joven (PNG 01) se asemeje al bosque secundario maduro (PNG 02). En otras palabras, en este caso, la edad del bosque no necesariamente es un indicador de una determinada estructura y composición. Esto se debe principalmente a condiciones del bosque secundario como: uso anterior del suelo, compactación del suelo, presencia de árboles remanentes, incendios forestales, disponibilidad de fuentes semilleras, especies colonizadoras persistentes, entre otros. Por ejemplo, existen especies muy persistentes como la *Gymnanthes lucida*,

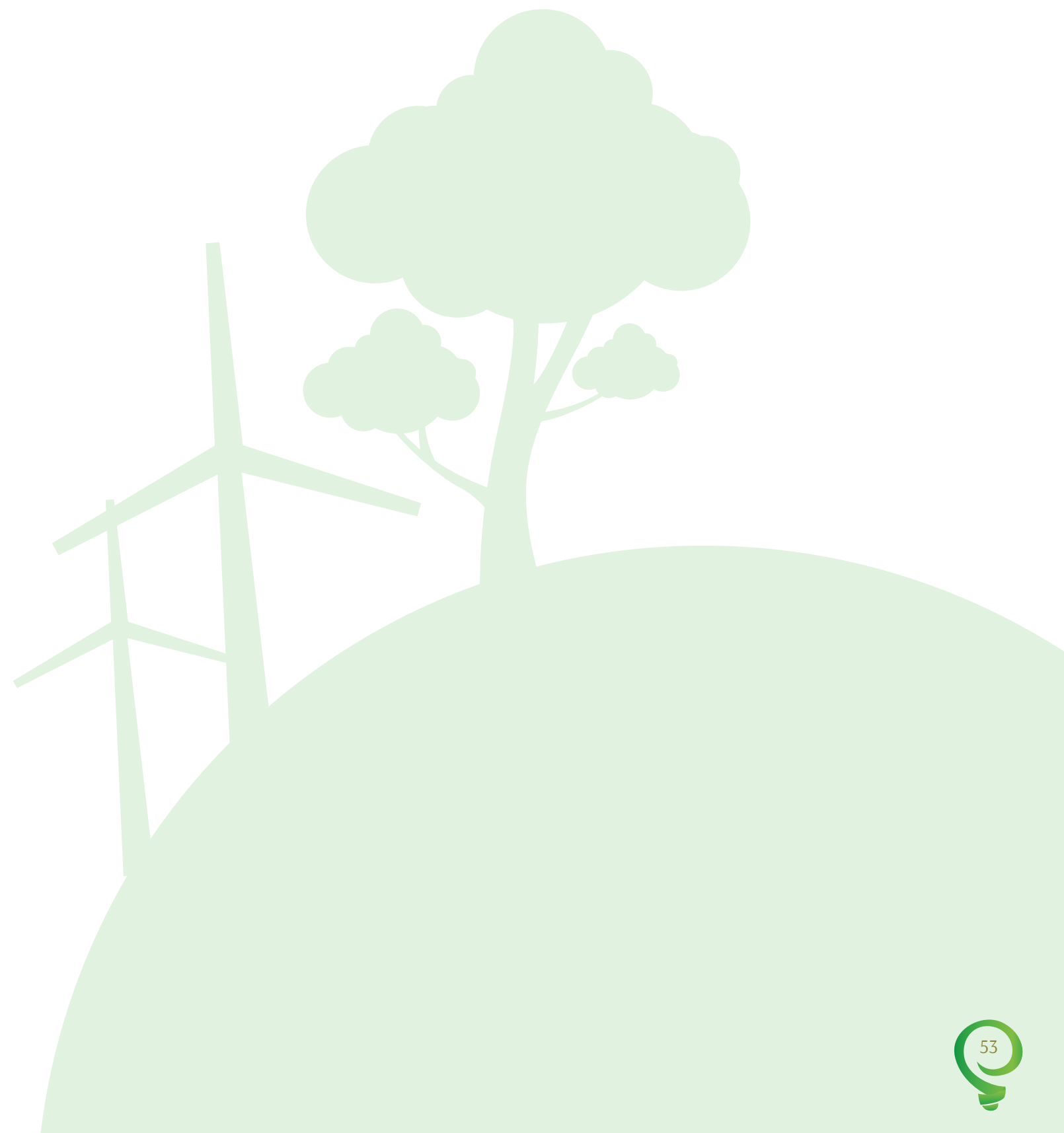
la cual es una especie de dosel intermedio y no supera los 30 cm de diámetro y, según los registros, ha presentado un dinamismo muy alto en la PNG 01, con alta capacidad colonizadora (en 1990 y 1998 presentaba 13 y 18 individuos respectivamente, mientras que en el 2002, 2009 y 2012 presentó 63, 113, y 126 individuos respectivamente).

Respecto al bosque primario intervenido, este presenta un número de individuos estable en el periodo evaluado. No obstante, en el área basal se presenta los mayores cambios, los cuales se deben a la muerte de árboles en las clases diamétricas superiores, como es el caso de *Quercus oleoides*, los cuales, al generar claros, son colonizados por otras especies heliófitas durables y/o tolerantes a la sombra, como es el caso de *Heisteria cyanocarpa*, *Hymenaea courbaril* (guapinol) y *Manilkara chicle* (chicle).

Con el fin de mejorar la información aquí suministrada, se pretende realizar una novena medición en el 2015, además del establecimiento de parcelas permanentes nuevas en el bosque seco del Parque Nacional Guana-caste, que permitan tener una mejor comprensión de este tipo de ecosistema.

Bibliografía

Sánchez, M. (2015). Protocolo de establecimiento y medición de Parcelas Permanentes de Monitoreo en Bosque Natural. Universidad Nacional. EUNA. 47p. *In press*.





El Programa Observatorio Ambiental de la Universidad Nacional genera indicadores socioambientales a partir de las investigaciones desarrolladas en la institución, con el fin de que puedan ser utilizados para la construcción de políticas públicas de Costa Rica.

En esta primera entrega, el Programa Observatorio Ambiental informa sobre los siguientes indicadores, concebidos en las temáticas de recurso hídrico y biodiversidad:

- Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío-Quebrada Seca, Heredia
- Caracterización hidrogeoquímica del sistema acuífero Barva
- Calidad física, química y microbiológica del agua en el acuífero costero de Jacó
- Especies indicadoras de la salud del Parque Nacional Corcovado
- Nematodos como indicadores ambientales
- Dinámica y composición del bosque seco tropical de Guanacaste

Este es un intento de contextualizar los aportes científicos y técnicos de la Universidad Nacional en el marco de las posibilidades y necesidades del país y una contribución para la construcción de las pautas que permitan alcanzar un verdadero desarrollo sostenible.