

GESTION AMBIENTAL

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

RIQUEZA BIOLÓGICA
MACROINVERTEBRADOS FLUVIALES

¡HASTA SIEMPRE!
SOLITARIO JORGE

CONTROLANDO
LA TUBERCULOSIS

EFFECTOS DE LA MINERÍA
EN EL AGUA DEL NORTE DE ESMERALDAS





GESTION AMBIENTAL

Junio 2013

Publicación semestral de la Escuela de Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, encargada de difundir trabajos en las áreas de la gestión ambiental.

Aitor Urbina
Prorector

Walter Mosquera
Director Académico

Sonia Mateos Marcos
Directora Escuela IGA

Pedro Jiménez Prado
Director Editorial

Cuerpo Editorial

Sonia Mateos
Carlos Martínez
Silvia Cabrera
Eduardo Rebolledo

Diseño

Cristina Marmolejo, PUCESE

Diagramación Revista

desde

Ilustración en contraportada

Slogan y logo de la Escuela de Gestión Ambiental de la PUCESE
Karina Paz

Han colaborado en esta edición:

Carlos Martínez, Eduardo Rebolledo,
Cruz Márquez, Manuela Almeida,
Víctor Corozo.

Contacto

Revista Gestión Ambiental
Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas
Loma de Santa Cruz (Calle Espejo y Subida a Santa Cruz)
Teléfono 593 06 2726613 – 2721459
2726509 Ext. 310
www.pucese.net
pjimenez@pucese.edu.ec

Los artículos representan la opinión de los autores y no constituyen la opinión oficial de la **PUCESE**.

Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.



EDITORIAL

Desde 1973, establecido por la Asamblea General de Naciones Unidas, cada 5 de junio se celebra el Día Mundial del Ambiente; es por esto que nuestra Universidad y nuestra Escuela en particular quieren celebrarlo a través de este medio, la revista número ocho de *Gestión Ambiental PUCESE*. Completamos cuatro años, de manera ininterrumpida, con ediciones semestrales, donde el ambiente ha sido el tema central, el papel el medio de comunicación y la cultura nuestra motivación.

Nos sumamos al esfuerzo que hace el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, por este día:

*“Cada año se desperdician 1,3 billones de toneladas de comida. Esta cifra equivale a la producción alimentaria de todo el África Subsahariana. Al mismo tiempo, una de cada siete personas del planeta se va a la cama hambrienta y más de 20.000 niños de menos de 5 años mueren de hambre cada día. Teniendo en cuenta este enorme desequilibrio y los efectos devastadores que esto tiene para el medio ambiente, el tema de este año, **Piensa. Aliméntate. Aborra**, pretende dar a conocer el impacto que tienen nuestras decisiones alimentarias y cómo tomarlas 100% informados.*

Actualmente, nuestro planeta trata de ofrecer los recursos necesarios para sus 7 billones de habitantes (9 millones en 2050), sin embargo, se estima que un tercio de la producción alimentaria se pierde o es desechada. Este hecho es altamente perjudicial para las fuentes naturales de recursos y genera consecuencias negativas en el medio que nos rodea. Si desperdiciamos comida, significa que todos los recursos empleados para producirla también lo son. Así por ejemplo, producir un litro de leche supone gastar 1.000 litros de agua o producir una hamburguesa 16.000 litros. Todas esas emisiones de gas durante el proceso habrán sido en balde si desechamos alimentos.

*De hecho, la producción global de alimentos ocupa un 25% de la superficie habitable, un 70% de consumo de agua, un 80% de deforestación y un 30% de gases. Es, por tanto, uno de las actividades que más afectan a la pérdida de biodiversidad y a los cambios en el uso del suelo. En definitiva, se trata de que **pienses** antes de **alimentarte** y así **aborres** para proteger el medio ambiente.”¹*

La revista *Gestión Ambiental* presenta en este nuevo número cuatro artículos: una estimación de la riqueza de macroinvertebrados en ríos de Esmeraldas; un hasta siempre para la legendaria tortuga de Galápagos, el solitario George; una interesante visión de la tuberculosis como enfermedad existente y poco conocida en Esmeraldas; y finalmente, resultados de un estudio sobre los efectos de la minería en los ríos del norte de Esmeraldas. La cultura se manifiesta con nuestra sección “A flor de piel”. ■

1<http://www.unep.org/spanish/wed/theme/#sthash.zv7I6RfQ.dpuf>



CONTENIDO

¿CUÁNTAS ESPECIES HAY? ESTIMACIÓN DE LA RIQUEZA BIOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS FLUVIALES DE ESMERALDAS (ECUADOR).

Pág. 5



¡¡HASTA SIEMPRE SOLITARIO JORGE!! SU HISTORIA

Pág. 9



CONTROLANDO LA TUBERCULOSIS (TB).

Pág. 18



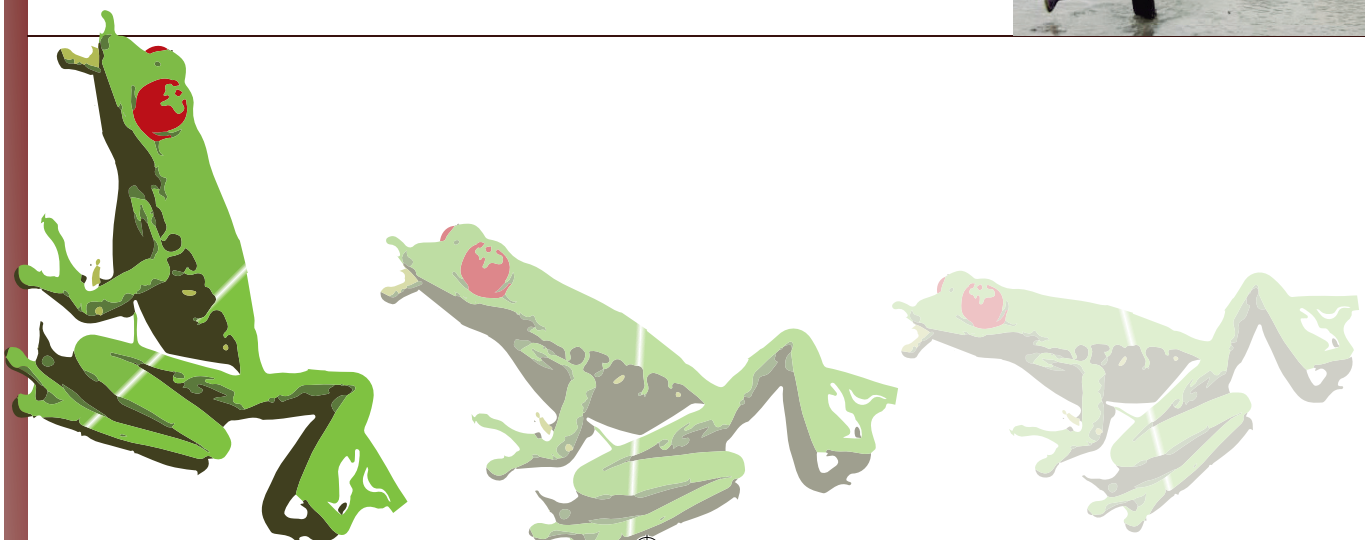
AFECTACIONES A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS PRODUCTO DE LA MINERÍA AURÍFERA ILEGAL EN EL AÑO 2011.

Pág. 21



**A FLOR DE PIEL
“El viaje de Charito”**

Pág. 35





¿CUÁNTAS ESPECIES HAY? ESTIMACIÓN DE LA RIQUEZA BIOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS FLUVIALES DE ESMERALDAS (ECUADOR)

Por Dr. Carlos Martínez Sanz*

INTRODUCCIÓN.

Una de las cuestiones clásicas en estudios ecológicos es estimar el número de “clases” o “grupos” diferentes que hay en una determinada región o comunidad biológica (Martínez-Sanz *et al.*, 2010); por ejemplo, el número de familias de aves de la región Andina del Ecuador o el número de especies de anélidos presentes en la laguna del Cube, Esmeraldas (Ecuador).

La riqueza de especies es el atributo más frecuentemente utilizado para describir las comunidades biológicas y la diversidad regional (Magurran, 1988); de hecho, es la base de muchos modelos y estrategias de gestión y conservación.

Los índices de diversidad tradicionales, que combinan número de especies y abundancia relativa de las mismas, dependen del tamaño de la muestra y del patrón de muestreo, siendo difíciles de interpretar (Gaston, 1996). Estos índices están siendo cada vez menos usados y el número de taxones presentes ha pasado a ser un atributo comúnmente empleado para comparar diferentes localidades (Gotelli & Colwell, 2001). El mayor problema para estimar riqueza de especies es la dependencia directa de este valor con el esfuerzo de muestreo; especialmente si se trata de invertebrados (foto 1), uno de los grupos más ricos en especies pero de los que poseemos mayor desconocimiento (Colwell & Coddington, 1994).

Si los inventarios no son completos es imposible hacer comparaciones entre localidades, aunque el esfuerzo de muestreo sea idéntico. Abundan, sin embargo, los trabajos en que se comparan datos brutos de riqueza obtenidos a partir del muestreo de campo, lo cual produce numerosos errores (Magurran, 2004).



Figura 1. Dos ejemplares pertenecientes a la familia Elmidae (O. Coleoptera) recogidos durante la campaña de muestreo. Izquierda: adulto; derecha: larva.

En las últimas décadas han surgido un elevado número de técnicas y aproximaciones matemáticas que intentan corregir, subsanar o mitigar, en la medida de lo posible, este problema (Colwell & Coddington, 1994). El uso de este tipo de aproximaciones, como estimadores de riqueza y curvas de acumulación abunda en numerosos trabajos sobre una gran variedad de taxones y de hábitats (Brose *et al.*, 2003).

Este artículo persigue dos objetivos. En primer lugar se pretende presentar al lector los diferentes métodos o técnicas existentes en la actualidad para medir y estimar la riqueza taxonómica de una determinada comunidad biológica.

Por otra parte, empleando algunas de estas técnicas ampliamente utilizadas por numerosas investigaciones, se tratará de estimar la riqueza de macroinvertebrados fluviales de la Provincia de Esmeraldas (Ecuador). Es decir, a partir de un muestreo

concreto y convencional en el ámbito y contexto del gestor ambiental, se tratará de predecir la riqueza y diversidad estimada de esta comunidad biológica en una región considerablemente más extensa; que como ya se mostró en ediciones anteriores de esta misma revista (Martínez-Sanz, 2012a), es especialmente importante en asuntos de bioindicación, gestión y conservación (Johnson & Goedkoop, 2002).

Este es uno de los conceptos más importantes que debe de contemplar el gestor ambiental, ya que actualmente la gestión y conservación de espacios naturales se articula alrededor de la diversidad biológica de los ecosistemas (Martínez-Sanz *et al.*, 2012b).

Mediante este conjunto de técnicas, aunque no sea posible realizar un inventario zoológico exhaustivo de las especies presentes en un medio, si será posible estimar su riqueza y, a partir de esta, configurar una aproximación más correcta del valor de su biodiversidad.





TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE RIQUEZA BIOLÓGICA.

Se diferencian dos tipos de métodos para estimar riqueza y la estructura de una población. Métodos paramétricos y no-paramétricos.

Paramétricos: Sabemos algo acerca de la población, es decir, partimos de determinados supuestos como: muestras aleatorias, probabilidad de cada clase sea igual, las medidas sean independientes, etc. Requiere que los datos se distribuyan de una determinada manera, como una distribución normal (tabla 1).

Dentro de este conjunto de aproximaciones, actualmente son muy utilizadas las denominadas *Taxon sampling curves*. Pueden ser de dos tipos: Curvas de rarefacción y curvas de acumulación, ambas pueden estar basadas tanto en muestras como en individuos.

Curvas de rarefacción

Como el número de especies aumenta con el tamaño de la muestra, se pensaba que para poder hacer comparaciones valía con que el tamaño de las muestras a comparar fueran iguales (Magurran, 1988). Esto suele ser muy difícil y la rarefacción se impuso como un método ampliamente utilizado. Esta técnica calcula el número de especies esperadas en el caso de que todas las muestras poseyeran el mismo n° de individuos capturados. Pero parte de dos asunciones: Distribución de los individuos al azar en el ecosistema y las colectas son muestras aleatorias de esos individuos (es decir, lo que mencionábamos sobre probabilidad de antes). Sin embargo, sesgos debidos a la metodología y al tipo de muestreo hacen que una especie sea más propicia a ser capturada que otra (Gotelli & Colwell, 2001).

Modelos paramétricos para medir riqueza: funciones de acumulación: funciones para extrapolar los datos a partir de una curva de acumulación.	Modelos paramétricos para medir la estructura:
• Función logarítmica	• Serie geométrica
• Exponencial	• Serie logarítmica
• Ecuación de Clench	• Distribución logarítmica Normal
	• Modelo de vara-quebrada

Tabla 1. Técnicas más comunes de estimación Paramétrica. Son solo algunos ejemplos de los métodos paramétricos más empleados.

Modelos no paramétricos para medir riqueza.	Modelos paramétricos para medir la estructura:
• Jackknife de primer y segundo orden (Jack 1 y Jack 2)	• Chao 1
• Bootstrop	• Estadístico Q4
• Chao 2	
• Incidente-based coverage (ICE)	

Tabla 2. Técnicas más comunes de estimación no-paramétrica. Son solo algunos ejemplos de los métodos no-paramétricos más empleados.

La actividad diaria de las especies, la época del año que se recojan las muestras, las relaciones de dominancia y la abundancia relativa de las especies, también provocan diferencias de probabilidades a la hora de capturar una especie. A demás de todo esto, las curvas de rarefacción desaprovechan información recogida.

Curvas de acumulación.

En una curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Al principio la pendiente es muy pronunciada por la incorporación de especies comunes, luego se va perdiendo a medida que se van incorporando las raras. Se tiende a alcanzar una asíntota, en algunos casos se llega a alcanzar una determinada asíntota aunque todavía no se hayan recogido todas las especies debido a: rangos de distribución de especies no son estables a lo largo del tiempo (Esto puede hacer que el inventario de especies varíe con

el tiempo); estacionalidad; gradiente ambiental; fenología (época en que se recogen); individuos errantes: fuente importante de sesgos, ya que no deben ser considerados habitantes estrictos del área muestreada, pero poseen importancia en la biodiversidad del lugar, ya que son responsables de parte de la resiliencia.

Este tipo de técnicas, a pesar de las limitaciones teóricas, permite: dar fiabilidad a inventarios biológicos y posibilita su comparación; mejorar "planning" de trabajo, estima el esfuerzo mínimo para estimar inventarios fiables; extrapolar el número de especies observadas para estimar especies presentes. Estos dos últimos puntos son imposibles con rarefacción, y para el último también se utilizan los estimadores no-paramétricos (Gotelli & Colwell, 2001).

No Paramétricos: los datos no cumplen unos supuestos determinados ni cumplen una distribución en especial (tabla 2).



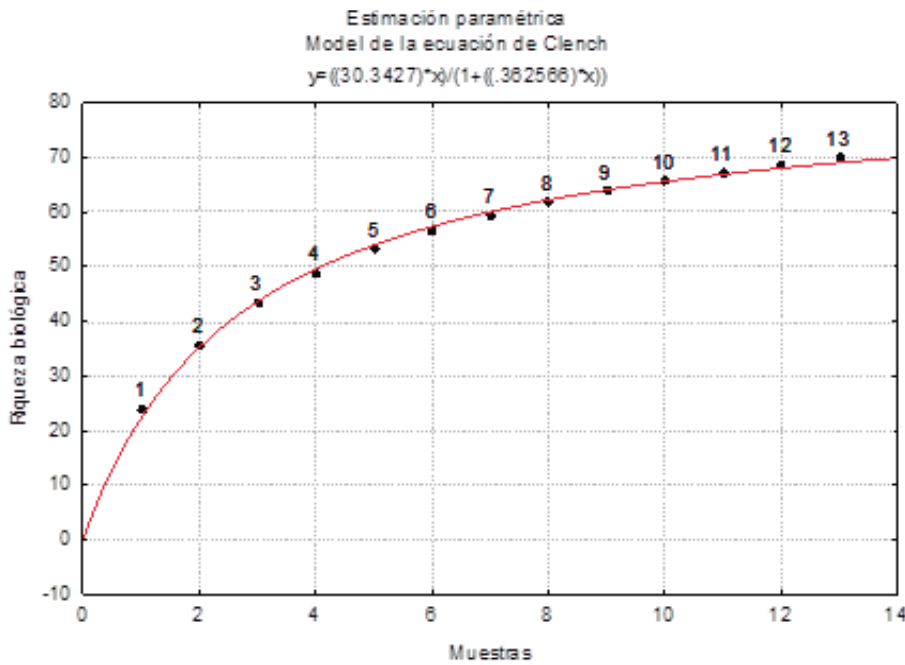


Figura 1. Gráfica que muestra la estimación paramétrica (cuando la curva alcanza la asíntota) proporcionada por la función de acumulación de Clench.

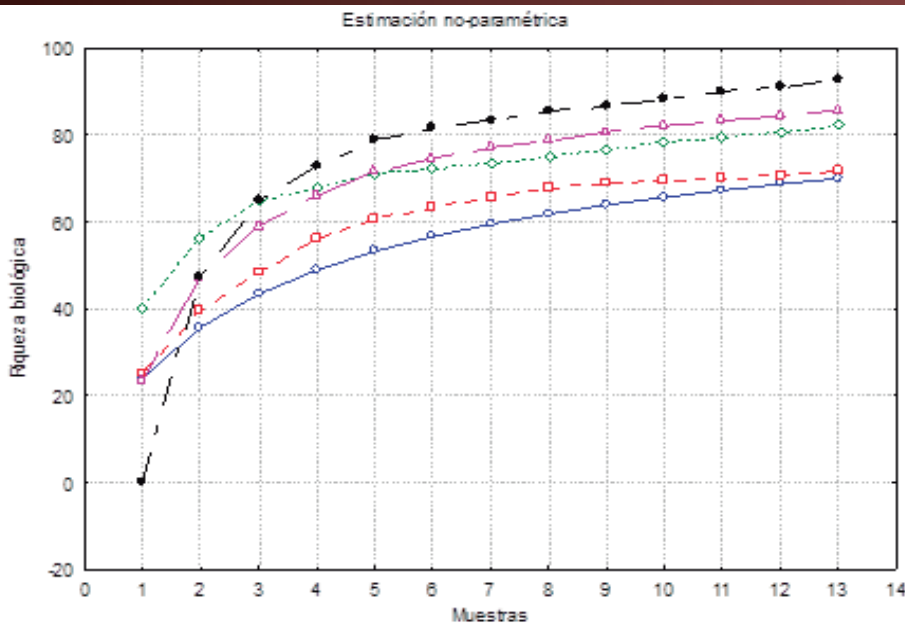


Figura 2. Gráfica que muestra las estimaciones no-paramétricas proporcionadas por cuatro estimadores ampliamente empleados en estudios de diversidad de macroinvertebrados. Se representan las estimaciones puntuales por muestra y la comparación con la línea suavizada de riqueza observada.

Existen “problemas” o limitaciones a la hora de utilizar estos modelos no paramétricos: las probabilidades de captura de las especies, aunque pueden ser diferentes, debe de mantenerse constantes, en inventarios de larga

duración, área extensa y heterogénea esto es raro; poco fiables cuando hay muchas especies raras (Petersen & Mejer, 2003); en ocasiones los resultados son difíciles de interpretar y de uso cuestionable (Chiarucci *et al.*, 2001).

No obstante, numerosos autores han puesto de manifiesto la robustez y el excelente comportamiento de Jack 1, Jack 2, Chao 1 y Chao 2 cuando se trata de estimar riquezas en comunidades de macroinvertebrados (ver Martínez-Sanz *et al.*, 2010), recomendando estas técnicas como mejor opción a las paramétricas.

ESTIMACIÓN DE LA RIQUEZA BIOLÓGICA EN UN CASO REAL (ESMERALDAS)

En octubre de 2012 se muestrearon 13 localidades fluviales distribuidas entre 9 ríos (Tabiazo; Tachina x4; Galerita; Mompiche; Chontaduro; San Francisco; Quingue; Camarones; Estero Plátano x2) de la región sur de la Provincia de Esmeraldas (Ecuador). Se recogieron muestras de macroinvertebrados siguiendo un muestreo semicuantitativo de tipo multihábitat (Clarke *et al.*, 2003) durante un minuto en cada localidad y fueron identificadas con la mayor resolución taxonómica posible. Se obtuvo una riqueza regional observada de 70 taxones (géneros y familias). El tamaño muestral, en comparación con la extensión total de la Provincia de Esmeraldas, es muy reducido; pero es en este punto donde radica el verdadero interés de estas técnicas. Nos permiten predecir un determinado valor a partir de muestra muy pequeñas a través de algoritmos matemáticos. Además posibilita la comparación con otros universos muestrales de diferente tamaño o unidad de esfuerzo. Mediante la aplicación de las técnicas expuestas anteriormente más robustas se estimaron las siguientes riquezas (figura 1 y 2): **Chao 1: 71,5; Chao 2: 82,47; Jack 2: 93; Jack 1: 85,69; Clench: 83,70.**

Todos los análisis se efectúan a través del programa de estimación de riqueza





ESTIMATE V.8 y del STATISTICA para construir las curvas.

CONSIDERACIONES FINALES

Es preciso tener en cuenta las técnicas o métodos de estimación de riqueza biológica cuando se pretende obtener el valor de diversidad de una región o ecosistema. En el ámbito de la gestión ambiental esto es un punto clave, ya que aquellos espacios con elevada biodiversidad son siempre susceptibles de ser gestionados y conservados. Teniendo en cuenta que los invertebrados siempre constituyen la mayor parte de la diversidad de un área (tanto en términos de abundancia como en número de taxones) y considerando que es casi imposible obtener inventarios completos a partir de técnicas tradicionales, se recomienda desde este artículo emplear siempre alguna de las técnicas de estimación presentadas y testadas en el

área de estudio seleccionada. Por otra parte, de los datos obtenidos en el caso real mostrado se desprende que, siempre, el valor de la estimación es superior a la riqueza observada; y que en una región altamente megadiversa, como Ecuador, es posible que el valor de las técnicas no-paramétricas se acerque y ajuste más al valor real de la comunidad biológica estudiada aquí. La necesaria ampliación estadística sobre este último punto, se está llevando a cabo desde la PUCESE y se espera que se materialice en un artículo científico que salga a la luz en 2013. En cuanto al valor obtenido en las estimaciones, cabe destacar que con una mayor resolución taxonómica (por ejemplo, todos los organismos identificados hasta género) la cifra de la riqueza aumentaría considerablemente, superando con creces la centena de géneros. Podemos observar que, con solo 13 localidades muestreadas solo un minuto en cada una, se encuentra una riqueza muy elevada, con sus evidentes

implicaciones en el área de la gestión y conservación.

Como ya se mencionó anteriormente, esta es solo una primera aproximación al valor regional de la riqueza de los ríos de la Provincia de Esmeraldas, pero ya se ve claramente reflejado su gran importancia en términos de biodiversidad.

En resumen, las recomendaciones que se proponen en este artículo son dos: 1. Siempre que se intente extraer el valor de diversidad de una comunidad debe de tenerse en cuenta, si es posible, las técnicas de estimación de riqueza (tanto las paramétricas como las no-paramétricas, dependiendo de la comunidad biológica estudiada); 2. Si se trabaja con macroinvertebrados bentónicos fluviales, parecen que la técnica no-paramétrica basada en Jackknife (Jack 2) es la más adecuada para estimar su riqueza y, por lo tanto, diversidad. ■

**Docente e Investigación, PUCESE*

Bibliografía

- Brose U., Martinez N.D. and R.J. Williams, 2003. Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns. *Ecology*, 84, 2364–2377.
- Burnham K.P. and W.S. Overton, 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology*, 60, 927–936.
- Chiarucci A., Maccherini S. and V. De Dominicis, 2001. Evaluation and monitoring of the flora in a nature reserve by estimation methods. *Biological Conservation*, 101, 305–314.
- Clarke R.T., Wright J.F. and M.T. Furse, 2003. RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecological Modelling*, 160: 219–233.
- Colwell R.K. and J.A. Coddington, 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Series B*, 345, 101–118.
- Gaston K.J., 1996. Species richness: measure and measurement. In: Gaston K.J. (ed.), *Biodiversity: a biology by numbers and difference*, Blackwell Science, Oxford, 77–113.
- Gotelli N.J. and R.K. Colwell, 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, 379–391.
- Johnson R.K. & W. Goedkoop, 2002. The 1995 national survey of Swedish lakes and streams: assessment of ecological status using macroinvertebrates. In J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M.T. Furse (eds.). *Assessing the biological quality of freshwater. RIVPACS and other techniques*. Freshwater Biological Association, Ambleside, U.K. Pages 229–240.
- Magurran A.E., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*, Croom-Helm, London.
- Magurran A.E., 2004. *Measuring biological diversity*, Blackwell Publishing: Oxford, UK. 256 pp.
- Martínez-Sanz C., García-Criado F., Fernández-Aláez C. and M. Fernández-Aláez, 2010. Assessment of richness estimation methods on macroinvertebrate communities of mountain ponds in Castilla y León (Spain). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 46: 101–110.
- Martínez-Sanz C., 2012a. Los macroinvertebrados bentónicos, una buena herramienta para el Gestor Ambiental. *Revista de la Escuela de Gestión Ambiental PUCESE*. 7: 5 – 11.
- Martínez-Sanz C., Cenozo C.S.S., Fernández-Aláez M. and F. García-Criado, 2012b. Relative contribution of small mountain ponds to regional richness of litoral macroinvertebrates and the implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22: 155–164.
- Petersen F.T. and R. Meier, 2003. Testing species-richness estimation methods on single-sample collection data using the Danish Diptera. *Biodiversity Conservation*, 12, 667–686.





¡¡HASTA SIEMPRE SOLITARIO JORGE!! SU HISTORIA

Por Cruz Márquez*



Figura 1. El Solitario Jorge en la mesa, frente a su desayuno cotidiano en el Centro de Crianza de DPNG/ECChD. Foto: Cruz Márquez, Agosto 2000.

RESUMEN.

A los cuarenta años de vivir en cautiverio muere el Solitario Jorge, el último representante de una de las cuatro especies de tortugas terrestres gigantes del género *Chelonoidis spp* de las islas Galápagos; que se extingue al no encontrarse con otros individuos de la especie *C. abingdonii* en la isla Pinta ni en ninguna otra parte del mundo. Actualmente, solo 10 especies sobreviven de las 14 que existieron; en un futuro no muy lejano, se espera restaurar la isla Pinta con tortugas de la isla Española (*C. hoodensis*), especie que genéticamente dio origen a *C. abingdonii*. Actualmente, sobreviven híbridos de la especie en el volcán Wolf. Hibridación que tuvo su inicio hace 150-200 años aproximadamente, por origen de un naufragio de un Galeón Pirata o Ballenero, a la altura de Bahía Banks, al Oeste de v. Wolf, Isabela. Navío que llevaba sus bodegas repletas de tortugas gigantes procedentes de varias islas. La existencia de hibridación de especies de tortugas gigantes en v. Wolf, fue generada por genetistas de la Universidad de Yale en el 2008.

La muerte de la tortuga emblemática Solitario Jorge, fue anunciada temprano en la mañana del domingo 24 de junio de 2012, entre las 07h30-08h00, por el guardaparque Fausto Llerena. La necropsia reveló que fue por muerte natural, a Jorge se le estimaba una edad entre 75-85 años; estos quelonios en su ambiente natural Galápagos, pueden vivir entre los 150-200 años. La noticia de la muerte de Jorge, inmediatamente corrió en forma rápida por todo el mundo. Grupos de ecologistas, organizaciones internacionales y públicas, rindieron homenaje en honor del renombrado Solitario Jorge. Sus restos serán embalsamados para immortalizar y exhibirlo a visitantes de todo el mundo y de la localidad. Su Historia: La tortuga fue localizada por primera vez en 1971 por Joseph Vagvolgyi. En 1972, personal del DPNG/ECChD, lo trasladaron a cautiverio, donde se mantuvo por 40 años hasta su muerte. El animal en cautiverio vivió siempre acompañado por dos o tres tortugas hembras. Por varias ocasiones, tuvo que soportar exceso de peso, pero fue controlado; como también en algunos momentos estuvo enfermo, perdió peso, pero también fue recuperado. En 1988, científicos reunidos en un taller internacional de herpetología en la ECChD, sugirieron; a) Aparearlo con hembras traídas desde el v. Wolf. b) Estimularlo y extraer esperma y conservarla en Nitrógeno líquido. c) Reproducirlo con híbridos, resultado del cruce entre Jorge-hembras híbridas de v. Wolf, y luego cruzarlo con sus hijas y con ello repoblar Pinta.

Para disminuir el peso del animal, se planteó mejorar o aumentar la dieta, se pensó que era la solución, y la selección de cierto tipo de alimento; de esa manera Jorge se mantuvo, hasta que la vida, no lo quiso acompañar. Adicional a la dieta, se consideró una tortuga control, Diego, tortuga montura igual que Jorge, original de la isla Española, para referenciar y comparar la ganancia o pérdida de peso de Jorge; así lo indicaron los resultados de algunas investigaciones de su quehacer cotidiano. Parece ser que Jorge fue una tortuga que desde su origen embrionario, tuvo mal formación de sus órganos genitales, deficiencia que se irradió a su contexto hormonal, anomalía que no le permitió nunca reproducirse, fue lo que resultó en los intentos de reproducirlo por algunos años, y Jorge terminó solo, igual que cuando llegó al cautiverio en 1972.

Palabras Claves: Jorge, *Chelonoidis*, Galápagos, quelonio, tortuga.





INTRODUCCIÓN

Las 14 especies de tortugas terrestres gigantes (*Chelonoidis spp*) de las Islas Galápagos, fueron abundantes en el Archipiélago hasta el siglo XVI. Su disminución y amenaza comenzó en XVII y terminó en XIX, por acción antropogénica de piratas y balleneros que sacaron y comieron decenas de miles de tortugas gigantes de las islas (VanDemburg 1914, Townsen 1925, Slevin 1959, Fritts 1982;). Después del establecimiento de los colonos en cuatro de las islas desde 1860, el destino de las tortugas gigantes estuvo sujeto por las matanzas de estos indefensos quelonios para el consumo de su carne y aceite; las especies invasoras que compiten y depredan a los huevos, juveniles y adultos, hicieron el resto.

El vulcanismo extinguió la especie de la Isla Fernandina, colonos y las especies invasoras extinguieron tres especies de las 14 originales (MacFarland et al. 1974; Márquez et al. 2008). De la especie *Chelonoidis abingdonii* de la Isla Pinta hasta mayo de 2012, solamente sobrevivía un ejemplar macho en cautiverio "El Solitario Jorge" (figura 1).

Con la muerte de Jorge, es la cuarta especie de tortuga gigante de morfo-tipo montura o galápagos que se extingue en las islas Galápagos. Las cuatro especies de tortugas gigantes extintas, eran de caparazón montura: *Chelonoidis phantastica*, *C. elephantopus*, *C. abingdonii*, *C. sp.* de las islas Fernandina, Floreana, Pinta y Santa Fe, respectivamente. En la actualidad, de las diez supervivientes, dos son de caparazón montura: *C. hoodensis* y *C. ephippium*, de las islas Española y Pinzón respectivamente, y unos pocos individuos de morfo-tipo montura, son vistos en la población de *C. becki* en v. Wolf. De las ocho especies remanentes;

tres son intermedias *C. chathamensis*, *C. microphyes* y *C. becki* de San Cristóbal y los volcanes Darwin y Wolf respectivamente. Las cinco restantes son de morfo-tipo domo o cúpula: *C. porteri*, *C. darwini*, *C. vandenburghi*, *C. guntheri*, y *C. vicina*, de las islas Santa Cruz, Santiago, y de los volcanes, Alcedo, Sierra Negra y Cerro Azul en la isla Isabela.

Las metas futuras de la Dirección Parque Nacional Galápagos (DPNG), es restaurar Pinta con tortugas de la isla Española; que genéticamente son el linaje que dio origen a la tortuga de Pinta (Caccone et al. 2002; Poulakakis et al. 2008; Russello et al. 2005). Al momento sobreviven híbridos de la especie en el volcán Wolf, que fueron originados por la hibridación entre tortugas de la isla Pinta con individuos del volcán Wolf, a los cuales se podría reproducir en cautiverio y restaurar la isla Pinta, con sus propias tortugas. Hibridización que tuvo su inicio hace 150 a 250 años atrás, por la liberación en el mar de decenas de tortugas de diferentes procedencias (Pinta, Floreana, Santa Fe, Sur de Isabela, etc.), ocasionada por un barco de piratas y/o ballenero con sobrecarga en sus bodegas de tortugas gigantes. Bergantín que estuvo a punto de zozobrar por un fuerte viento - oleaje, y para evitar el hundimiento del galeón, decenas de tortugas fueron liberadas en el mar a la altura de Bahía Banks, en la zona conocida actualmente como Puerto Bravo (Garrick et al. 2011).

En el 2008, genetistas de la Universidad de Yale, en estudios genéticos de ADN mt, nuclear satelital de las tortugas del volcán Wolf, encontraron alrededor de 17 individuos híbridos con más del 90% de los genes de las tortugas de la isla Pinta, presentes en el volcán. Ellos sugieren a la (DPNG), que a estos animales se los recoja y transfiera hasta

el cautiverio, reproduzca y con esa prole se restaure la isla Pinta (Russello et al. 2009).

¡¡HASTA SIEMPRE JORGE!!

En la mañana del domingo 24 de junio de 2012 (entre las 07h30-08h00), el Guardaparque Fausto Llerena, encontró muerto al Solitario Jorge cerca del abrevadero. Autoridades y guardaparques de la DPNG, consternados, procedieron a movilizarlo hasta uno de los congeladores de la institución, para el día siguiente, practicarle la necropsia. La necropsia fue realizada por James Gibbs, científico de la Universidad de Syracuse; más el asesoramiento vía telefónica de Joseph Flanagan, veterinario del Zoológico de Houston, un técnico de la DPNG, W. Tapia, y la veterinaria, Marilyn Cruz de Agrocalidad. Entre sus órganos, Jorge mostró testículos largos y aplanados, pene con el orificio eyaculador a cuatro centímetros aproximadamente por debajo del extremo apical ventral (W. Tapia comn. pers. 2012). Aparentemente la causa fue por muerte natural, al animal se le estimaba una edad entre 70-90 años; a partir de su edad de arribo al cautiverio, estimada entre 35-45 años.

Estos quelonios pueden vivir entre 150-200 años aproximadamente en su ambiente natural (las islas Galápagos), sin que antes, accidentes naturales, les causen la muerte; ya sea por erupción de volcanes, caída en lugares abruptos, por derribo de árboles que le ocasionen la muerte, etc. Después de la muerte de Jorge, inmediatamente la noticia en crónicas nacionales e internacionales informaron de la muerte del famoso y muy conocido Solitario Jorge (Lonesome George). Muchos grupos de Ecologistas, Guías Naturalistas, organizaciones internacionales e instituciones públicas,





rindieron homenaje en honor al renombrado Solitario Jorge.

En meses o años posteriores, los restos del animal, serán embalsamados, para lo posterior exhibirlo al turismo y que generaciones humanas, lo puedan conocer, aunque sea preservado. Con la muerte de Jorge último ejemplar de la especie (*C. abingdonii*), quedan extintas las tortugas de la especie en Pinta y cautiverio.

SU HISTORIA

En la isla Pinta, el animal fue localizado por primera vez en 1971, por Joseph Vagvolgyi (Vagvolgyi 1974). En 1972 fue trasladado al Centro de Crianza por personal del Parque Nacional Galápagos (DPNG) y de la Estación Científica Charles Darwin (ECChD; Reynolds 1983, Cruz 1994). En 1980, ya era excedida de peso la tortuga. Desde 1973 hasta 1981 se lo mantuvo acompañado con tres tortugas (dos adultas y una subadulto), una montura y dos de morfo tipo cúpula, los tres animales eran de especies desconocidas. En la época caliente de 1981 (enero-marzo), Jorge permaneció en la piscina por mucho tiempo; esto hizo que la piel de sus extremidades fuera más suave, sensible y fue invadida por hongos; que le ocasionaron desprendimiento de toda la piel; esto le impidió caminar por algunos meses y se mantuvo inmovilizado hasta fines de 1981 (figura 2).

En 1981 el animal perdió mucho peso y se pensó moriría. El Veterinario Wilson Vega del MAG colaboró con el chequeo, administración de medicamentos, mejoramiento y recuperación del animal (en todo ese tiempo se estima bajo un 30% de su peso de 100 descendió a 78 Kg aproximadamente; figura 3). Al mismo tiempo la tortuga joven que



Figura 2. El Solitario Jorge en su lugar natural, la isla Pinta, cuando fue capturado para su traslado hasta el Centro de Crianza del DPNG/ECCHD, el 22 de marzo de 1972. Aun luce joven y sin aumento de peso (Nótese, muchas arrugas en su cuello; posible con un peso entre 78-80 Kg y una edad entre 35-45 años). Aún se le notan las líneas de crecimiento en sus placas marginales y costales. Nótese también, que aun se le ven claramente las líneas blancas de reciente dilatación de crecimiento en todas las abras o uniones entre placas, crecimiento producido por la acción del calor de la temporada. (Foto: Ole Hamann; 22 de marzo 1972).



Figura 3. Solitario Jorge recuperado el peso, nuevamente en equilibrio, junto a su desayuno habitual, comiendo hojas y tallos suculentos de otoy.





estaba en el corral con Jorge, había ganado talla y madurez, y mostró características sexuales de un macho.

En 1982, el animal se recuperó y aumentó de peso nuevamente; en el mismo año, el par de tortugas de morfología cúpula fueron cambiadas por dos hembras adultas, también de especies desconocidas; pero de morfo tipo montura.

En abril de 1984, la hembra montura que había estado con Jorge desde 1973, murió volcada en el abrevadero de su mismo corral. Jorge desde entonces estuvo acompañado por dos hembras hasta 1992, que fueron reemplazadas por dos hembras de *C. Becki* del Volcán Wolf e Isabela, próximas en morfología de caparazón al Solitario. En el 2008, se conoció que las dos hembras que lo acompañaban a Jorge eran híbridas, producto de la mezcla entre las tortugas de Floreana con tortugas del volcán Wolf (Garrick et al. 2011).

En el Taller Internacional de Herpetología en 1988 en la ECChD, herpetólogos y genetistas, plantearon alternativas, en pro de la reproducción del Solitario; (1) Trasladar hembras del Volcán Wolf, para aparearlas con Jorge. (2) En caso que el animal no copule con las hembras, se extraería esperma, para mantener un "banco espermático", y en lo posterior inseminar las hembras. (3) Se inseminarían las hembras, en el primer cruce se obtendría el 50 % de los genes de Jorge; en la segunda generación (cruce de Jorge con sus hijas; 20 años después) se obtendría el 75 % de los genes de Jorge en las crías precedentes (J. Gibbs comn. pers. 1995). Era la única manera de salvar parte de los genes de la población de tortugas de la Isla Pinta.

Para estimular a copular a Jorge, en 1992, fue colocado por dos meses junto con 14

tortugas existentes en un corral; donde se incluían dos machos y cuatro hembras monturas y los remanentes fueron domos machos y hembras. Jorge sostuvo varias contiendas agonísticas con uno de los machos monturas, pero el Solitario fue derrotado. Posteriormente se aisló por si solo en una de las esquinas del encerrado y no salió ni siquiera a comer por varias semanas. De tal manera que se lo devolvió a su corral habitual (F. Llerena comn. pers. 2001).

Siguiendo las recomendaciones del Taller de herpetología de 1988, en 1992, las dos hembras que se habían mantenido con Jorge hasta entonces, fueron reemplazadas por dos hembras monturas procedentes de Volcán Wolf. Las mismas que mediante un preliminar estudio genético de ADN mt satelital, resultaron ser híbridas, producto entre las tortugas del volcán Wolf con las tortugas extintas de la isla floreana (Garrick et al. 2011).

En 1993, no se observó a Jorge montar a las dos nuevas hembras procedentes del v. Wolf que lo acompañaban, por lo cual la voluntaria Sveva Grigioni realizó un estudio experimental de estimulación sexual, aparentemente el animal logró una erección, pero no se continuó con la investigación (Grigioni 1993). Entre abril de 1994 y marzo de 1995, se desarrollaron dos estudios acerca de la conducta diaria de Jorge (Márquez et al. 1995, Criollo 1995).

De estos dos estudios, resultados indicaron que la tortuga, el 78.6% pasaba estacionado alerta o durmiendo, el 11.7% caminaba, el 26.2% lo utilizaba en comer, el 8.2% en montar e intentar copular, sin que ocurriera introducción del genital de Jorge en la cloaca de la hembra. Jorge mostró interés sexual por las hembras que lo acompañaban, pero las veces que montó, nunca se le observó exhibición del miembro.

EL QUEHACER COTIDIANO DE JORGE

Entre las varias actividades de Jorge, estaban las siguientes; 1) A primera hora de la mañana, entre las 06h00-06h30, salía de su refugio bajo los matorrales de *Cordia lutea* y *Scutia pasiflora*, donde solía dormir todas las noches, incluso en algunas horas del día. 2) Caminaba hasta la plataforma donde recibía la alimentación, se estacionaba por algunos minutos; luego se dirigía hacia el abrevadero, donde se adentraba al agua a refrescarse, sumergiendo las piernas y parte ventral del caparazón. Entre las 08h00-08h30 solía salir del abrevadero y se estacionaba entre el abrevadero, pero más cerca hacia la plataforma de alimentación, hasta que llegara Fausto Llerena u otro guardaparque con la hierba. 3) Esto sucedía, los lunes, miércoles y viernes, entre las 09h00-09h30 que llegaba la comida a la plataforma de alimentación de su corral habitual, el animal ya estaba esperando, la hierba era colocada en la plataforma y él inmediatamente se disponía a comer. Los martes y los jueves, aunque no recibía comida, pero su conducta no cambiaba, su actividad diaria era la misma; con la diferencia de que no comía en la plataforma, pero forrajaba algunos vegetales naturales que encontraba en el recinto. 4) Las montas e intentos de copulación ocurrían entre las 09h00-10h00, a veces sucedía mientras comía o estaba terminando de comer.

Si alguna de las hembras se le acercaba mucho, la montaba o la perseguía para montarla, a veces las hembras lograban escapar. 5) Entre las 10h00-11h00, Jorge se retiraba a descansar hacia alguna de las sombras, a veces a la del matorral habitual y entre ratos dormía hasta las 16h00, que salía o no a caminar. Estas observaciones sugirieron también que aparentemente parte del problema del





animal, era el sobrepeso y que debería ser sometido a una dieta especial (figuras 4 y 5). Las hembras traídas desde el volcán Wolf, eran sexualmente maduras, ellas llegaron al corral del Solitario, fertilizadas por machos del v. Wolf (1992) y anidaron en el corral de Jorge meses después de haber ingresado a cautiverio; posteriormente, no volvieron a anidar.

MONITOREO DEL PESO Y DIETA CONTROLADA:

Desde junio de 1994, se realizó un monitoreo mensual del peso de Jorge. De enero a diciembre de 1996 hasta el 2000, se estableció como animal control al macho montura de la Isla Española que devolvió el Zoológico de San Diego en julio de 1977 (Diego), tortuga sexualmente activa. A los dos quelonios, se les monitoreó mensualmente el peso hasta 1996. Por la deficiencia de salud que presentó Jorge, el 29 de octubre de 1996, se consultó al veterinario Joseph Flanagan del Zoológico de Houston, quien sugirió alimentarlo con sandía, melón o papaya cinco veces a la semana (lunes-viernes) más 100 g de hierbas tres veces a la semana, y monitoreo mensual del peso.

El animal control continuó recibiendo alimentación regular de varias especies de plantas, tres veces a la semana, las mismas que se usaban para alimentar a las otras tortugas del Centro de Crianza. Las plantas suministradas a la tortuga control no fueron registradas el peso, pero estuvo arriba de los 1000g (F. Llerena, comn. Personal 2004; figura 6). Desde Junio de 1994 hasta el 2000, a Jorge se le suministró varios tipos de dieta; con una frecuencia de 0.3 a 3 alimentaciones por semana, con plantas naturales en cantidades no determinadas. Para comparar los



Figura 4. Solitario Jorge con sobre-peso, montado en una de las hembras de v. Woolf, que compartían el corral con él; mayo 1995, durante la observación de su actividad diaria, Foto: Cruz Márquez.



Figura 5. Solitario Jorge equilibrado el peso, refrescándose en el abrevadero, acompañado de una de las hembras traídas desde el volcán Wolf (foto: Cruz Márquez; marzo 1997).

datos del peso de los dos animales se utilizó Anova Factorial.

La **tabla 1**, describe las variaciones ocurridas en la alimentación durante el periodo que tardó el estudio.

La tortuga control recibió su alimentación habitual en el mismo período de tiempo (tabla 1), similar a la ofrecida al resto de tortugas en cautiverio. A las dos tortugas con una cinta métrica se les midió la longitud del caparazón (LC); Jorge = 102 cm y Diego = 100 cm. El peso de ambos animales

fue registrado cada mes, usando peso las de 100 Kg. En 1998, científica Suiza, toma muestras de excremento de Jorge, para análisis del estado hormonal. Por una deficiencia de salud que presentó nuevamente el Solitario Jorge a fines de octubre de 1996, se procedió a consultar a los Doctores Joseph Flanagan y Elliott Jacopson, los cuales sugirieron que para mantenerlo hidratado se requería darle 500 g de papaya y 50-100 g de hierbas.

Para introducir estos cambios en la alimentación normal (descrita más adelante), recomendaron disminuir





Figura 6. La tortuga Control, Diego, que fue devuelto por el Zoológico de San Diego en julio de 1977; original de la isla Española. Esta tortuga se le nota muy claro, que ya no presenta en sus placas marginales y costales ninguna línea de crecimiento; sugiriendo, que es una tortuga más vieja que Jorge, y que posible tiene entre los 90-100 años de edad. El ya fallecido y ex director del Zoológico de San Diego, James Bacon 1980, indico que esta tortuga fue llevada por la expedición de Townsend en 1922, cuando el animal aun era juvenil, entre 8 a 10 años, y pudo haber nacido entre 1914 y/o 1912 (Foto: Cruz Marquez: marzo 1997).

la papaya poco a poco y aumentar la cantidad de hierba de igual forma. Cuando su salud fue recuperada, se procedió a disminuir la dosis cada mes (tabla 1). Se define lo que es alimentación normal (1) y lo que se consideró como dieta balanceada (2):

- 1) Alimentación normal se le asignó al conjunto de plantas sin registro de peso y sin suplemento nutricional, que se le suministró a la tortuga control y que es la misma alimentación que reciben las otras tortugas en cautiverio.
- 2) Se considero dieta balanceada, al suplemento nutricional de varios componentes (lentejas y quinua molidas, Calcio, vitaminas, sal y aceite, más una variedad de plantas; a lo cual fue sometido el Solitario Jorge (tabla 1).

RESULTADOS

En junio de 1994, Jorge alimentado con una variedad de hierbas tres veces a la semana, igual que las demás tortugas en cautiverio, registró un peso mayor a 100 Kg. Entre julio de 1994 y abril de 1995, la tortuga fue sometida a una comida de hierbas por semana, y disminuyó 16.6 Kg en promedio. Entre mayo y septiembre de 1995, se le administró una variedad de hierbas cada 15 días, y disminuyó 6.4 Kg en promedio. Desde octubre de 1995 hasta octubre de 1996, se le ofreció frutos de cacto, pedazos de papaya o bananas maduras con 100g de dieta balanceada, y disminuyó 2.7 Kg. Entre noviembre y diciembre de 1996, la tortuga fue alimentada cinco veces en

la semana, con 500g de papaya, melón o sandía más 100g de hierbas variadas, y disminuyó 0.47 Kg. Entre 1996 hasta el 2000, con el control alimenticio, Jorge tuvo una disminución de peso variable, pero siempre sobre la de Diego; solo por cinco ocasiones el peso de Diego fue similar al de la tortuga experimental (Fig. 7; C.V. = 27.85 - 8.29%; $F_{10,6} = 11.9$; g. l. = 9; $P < 0.025$).

Se compararon los pesos promedios de Jorge que habían cambiado de acuerdo a la variación de la alimentación:

- 1) El peso promedio de la tortuga, determinado por la ingestión comida de hierbas tres veces a la semana, difiere del peso promedio del animal, cuando fue alimentado con hierbas una vez por semana ($t_{2,13} = 2.38$, g. l. = 15, $P < 0.025$).
- 2) El peso de Jorge ganado con la alimentación de una vez por semana, fue superior y diferente al de la alimentación con hierbas cada 15 días ($F_{10,8} = 14.36$; g. l. = 15; $P < 0.005$).
- 3) Entre los tres tipos de dieta, los pesos promedios de Jorge no fueron diferentes ($F_{3,07} = 1.94$; g. l. = 15; $P > 0.10$; Fig. 7).

El análisis de las muestras de los excrementos, indicaron que Jorge, a nivel hormonal tenía por debajo del mínimo los elementos químicos Zinc y Selenio, importantes para el éxito reproductivo en quelonios. La necropsia también reveló que el animal tenía testículos largos y planos y el orificio eyaculador a cuatro centímetros posterior del extremo apical en la región ventral. Lo normal hubiese sido que el orificio eyaculador estuviera ubicado a un centímetro posterior ventral del extremo apical del miembro.

En marzo de 1995, la tortuga control alimentada en forma normal, registró un peso de 68 Kg. Entre junio y diciembre de 1995, Diego registró un peso promedio de 72.9 Kg. Entre enero





y diciembre de 1996, registró un peso promedio de 75 Kg. El aumento de peso de 2.1 Kg. en la tortuga control entre 1995-1996 fue poco variable y no diferente (C.V. = 13.18 - 9.72%; $F_{5,12} = 5.10$; g. l. = 9; $P > 0.05$). Se compararon los pesos promedios de la tortuga Diego con los de Jorge, registrados entre 1995-1997 y no fueron diferentes ($F_{1,43} = 1.71$; g. l. = 15; $P > 0.25$). Mientras, entre 1998-2000, los pesos promedios entre las dos tortugas fueron diferentes ($F_{8,68} = 9.15$; g. l. = 15; $P < 0.01$; figura 7).

DISCUSIÓN.

El peso de Jorge fue más estable cuando comió 500 g de papaya, melón o sandía cinco días a la semana, más los 100 g de hierbas variadas lunes, miércoles y viernes. Variación en el peso se produjo, cuando el animal comió frutos de cactus, papaya, bananas maduras, con 100 g de dieta balanceada. Mayor variación de peso le produjo la alimentación de hierbas tres veces a la semana. Es importante señalar, que el recinto de cautiverio donde vivía Jorge, tenía la siguiente vegetación natural: *Opuntia echinocarpa*, *Cordia lutea*, *Tournefortia rufosericea*, *Tournefortia pubescens*, *Scutia pauciflora*, *Walteria ovata*, *Cryptocarpus pyriformis*, *Acacia sp.*, *Commicarpus tuberosus* y *Jasminocereus thouarsii*, que la tortuga comía libremente los martes y jueves cuando los cuidadores no le ofrecían nada. Las mismas especies de plantas eran disponibles en el corral habitual de la tortuga control (Diego). Sin embargo la fluctuación del peso en ambas tortugas fue diferente. Variación en pesos promedio fueron observadas en condiciones naturales en tortugas gigantes de morfología domo en el volcán Alcedo (Márquez et al. 2012). También, aumento y disminución de peso fue estudiado en iguanas marinas de las islas Galápagos (Wikelski, et al.,

Año/meses	Tortuga estudio: Solitario Jorge	Tortuga Control:Diego
1994 Junio	Cantidad de hierbas sin registro de peso 3 veces/semana	Alimentación normal 3 veces/semana
1994 Julio-dici. Enero-abril 1995	Cantidad de hierbas sin registro de peso 1 vez/semana	Alimentación normal 3 veces/semana
1995 Mayo-sep.	Cantidad de hierbas sin registro de peso cada 15 días	Alimentación normal 3 veces/semana
Oct.-dic. 1995 Enero-oct. 1996	100g de dieta balanceada en frutos de cactus, papaya o banana madura 1 vez /semana y hierbas/cada 15 días	Alimentación normal 3 veces/semana
Nov.-dic. 1996	500g de papaya (5 días/semana) 100g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Enero-dic. 1997 Enero-oct. 1998	100g de dieta balanceada en frutos de papaya cada 8 días, 500g de papaya (5 días/semana), 50g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Noviembre 1998	100g de dieta balanceada en hojas de cacto cada 8 días, 400g de papaya (4 días/semana) 150g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Diciembre 1998	100g de dieta balanceada en hojas de cacto cada 8 días, 300g de papaya (3 días/semana) 250g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Enero 1999	100g de dieta balanceada en hojas de cacto cada 8 días, 200g de papaya (2 días/semana) 350g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Febrero 1999	100g de dieta balanceada en hojas de cacto cada 8 días, 100g de papaya (1 día/semana) 450g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Marzo-dic. 1999	100g de dieta balanceada en hojas de cacto cada 8 días, 0g de papaya/semana 550g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana
Enero-dic. 2000-02	Suspensión total de la dieta balanceada en hojas de cacto, 550g de hierbas (3 días/semana)	Alimentación normal 3 veces/semana

Nota: Mantener esta dieta por el resto del tiempo de vida de la tortuga

Tabla 1. Alimentación del Solitario Jorge de Pinta y la tortuga control (Diego) de Española. La dieta balanceada se conformó de la siguiente mezcla: 1) Quinua 400g + lentejas 360g (ambas molidas) + minerales 80g + vitaminas 80g + sal 40g + aceite 30ml y + arena de arrecife de concha y coral 10g (para el suministro de Calcio). 2).Tres veces a la semana se lo alimentó con hierbas sin registrar el peso. La Alimentación normal de la tortuga control estuvo constituida de: *Xanthosoma sagittifolium*, *Commicarpus tuberosus*, *Commelina diffusa*, *Erihrina sp.*, *Sida rhombifolia* y otras hierbas.

1997). Mientras la dieta de los 500g de frutas de lunes-viernes, más 100g de hierbas, Jorge mantuvo su peso óptimo entre 80-85 Kg. Parece ser que las tortugas en condiciones naturales tienen la habilidad de auto controlar su peso variándolo, de acuerdo a la variación del clima, disminuyendo y aumentando la cantidad de comida y energía para su supervivencia en ciertos días cuando no ingiere alimento durante el autocontrol (Márquez et al. 2008).

Los machos, de la Isla Pinta (Jorge) y de española (Diego), son de morfo tipo montura y aproximadamente iguales en longitud del caparazón; su tamaño es el 45% menos que el de los machos en tortugas cúpula. Los quelonios montura, en el campo y cautiverio, comen hierbas en menor cantidad que los de morfo tipo domo (observación en el campo y cautiverio). En este contexto, se exceptúa Jorge, que en cautiverio, comió más que su homólogo Diego.



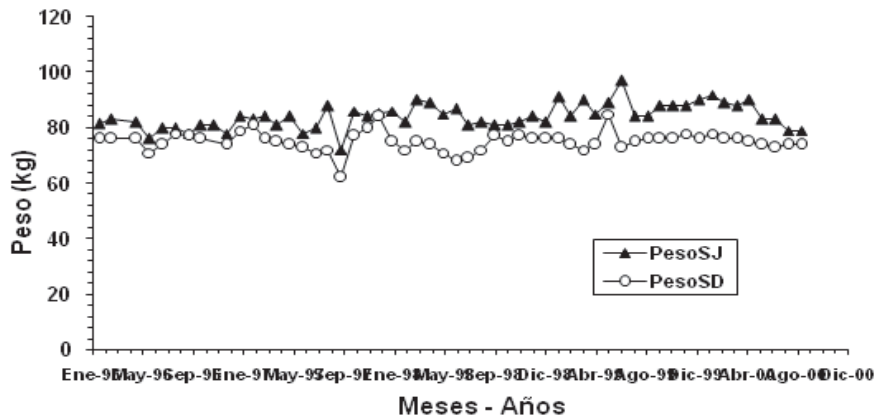


Figura 7. Monitoreo de peso del Solitario Jorge de la isla Pinta (*Ch. abingdonii*) y la tortuga control Diego de la isla Española (*Ch. hoodensis*), durante cuatro años en el Centro de Crianza (Enero 1996 hasta Diciembre 2000). S.J. = Solitario Jorge; D. = Diego.

Esta conducta podría estar relacionada con la deficiencia hormonal que el animal mantuvo durante toda la vida. Lo dicho antes, marca una diferencia de peso entre los dos animales, que podría estar relacionada con la dieta balanceada combinada con vegetales; mas la ingestión de los vegetales naturales existentes en el recinto de cautiverio, que la tortuga comió durante los días que no se le ofreció hierbas. La tortuga Diego de Española, durante la observación, no comió ninguna de las plantas que incluía su corral habitual. En ambas tortugas el aumento y disminución de peso no fue constante; en algunos meses aumentaban en otros disminuían en forma variada; en el caso de Jorge, ocurrió en todas las formas de alimentación. Mientras Diego recibía una alimentación variada de vegetales desde hace algunas décadas de vivir en cautiverio; sin embargo entre meses aumentaba y disminuía poco de peso, y nunca excedió su peso; siempre estuvo por debajo de 80Kg. (Márquez et al., 2008), indica que las tortugas gigantes en cautiverio y en condiciones naturales aumentan y disminuyen de peso cuando: 1) Tienen la capacidad de regular el peso corporal conforme a la disponibilidad del alimento constante y buenas condiciones ambientales; 2)

Las hembras cuando ponen huevos; 3) Reducción de la actividad, incluyendo el forrajeo y apareo; falta de disponibilidad de alimento succulento, agua en el cuerpo y en ocasiones por mala salud.

A Jorge se le varió diferentes tipos de alimentación hasta encontrar y establecer su peso óptimo. Es importante señalar que desde enero del 2000, hasta su muerte, Jorge recibió 550g de hierbas succulentas; como cantidad adecuada para mantener el peso óptimo. Establecer el peso óptimo en tortugas con desequilibrio hormonal no es fácil, pero es posible lograrlo con una buena dieta balanceada y rigurosamente controlada (Ofstedal 1995). Con la finalidad de seguir buscando la manera que Jorge se reproduzca; en diciembre de 1996 se inició con la toma de muestras de heces, para realizar análisis hormonal. Los resultados sugirieron que el contexto hormonal del animal tenía por debajo del límite inferior el nivel de Zinc (Zn) y Selenio (Se), elementos químicos importantes en la potencialidad sexual de quelonios.

La deficiencia reproductiva que presentaba el animal, era debido al bajo nivel de estos dos elementos químicos

en su contexto hormonal. Todos estos estudios, fueron parte de la búsqueda para la estabilidad sexual del animal y la posterior reproducción con las hembras procedentes del volcán Wolf.

Testículos normales en tortugas gigantes, son aquellos tendientes a redondos; miembro normal tiene orificio eyaculador ubicado a un centímetro del extremo apical en la región ventral. En necropsias realizadas a machos adultos en cautiverio y que se los había observado copular con hembras, pero que posteriormente murieron por accidente; testículos fueron tendientes a redondos y pene con orificio eyaculador ubicado a un centímetro de la región apical ventral. En varias necropsias practicadas a algunos machos de los 22 que murieron por septicemia bacteriana en la Reserva de El Chato en la isla Santa Cruz, testículos eran tendientes a redondos y penes con orificio eyaculador a un centímetro del extremo apical. Se exceptuaron dos machos, que mostraron testículos planos y pene anormal (Márquez observ. pers. 1996 y 2000; Trueba comn. pers. 2000). Testículos y miembros normales y anormales observados en necropsias de otras tortugas gigantes en condiciones naturales y cautiverio, permiten inferir, que Jorge no era un macho normal, tampoco fue un patrón reproductor, por tener testículos y pene anormal, que originaban de una mal formación embrionaria, por lo cual no produjo descendencia.

Este artículo informa que el animal montaba a las hembras que lo acompañaban, intentaba copular y prontamente perdía el interés. En condiciones naturales y cautiverio, el registro de gónadas anormales, en tortugas terrestres gigantes machos adultos no había sido reportado hasta el momento.





CONCLUSIONES.

El Solitario Jorge muere, pero en los 40 años de vivir en cautiverio, deja una gran nostalgia en los guardaparques que lo cuidaban, alimentaban, y un gran vacío en su corral habitual para los guías naturalistas, anhelo turístico y población local en general; ya que casi todos los visitantes, de todas partes del mundo, venían con la misión de ver al famoso Solitario Jorge o Lonesome

George; último ejemplar de la especie *C. abingdonii* de la isla Pinta. Deficiencia por bajo nivel de Zinc y Selenio en su contexto hormonal, elementos químicos importantes en el éxito reproductivo de quelonios; malformación embrionaria entre otras, fueron las anomalías que acompañaron a Jorge; sin permitirle que se reproduzca en condiciones de cautiverio, por más estimulación sexual que se le indujo. █

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a las organizaciones internacionales que por intermedio de las direcciones de la ECCbD/DPNG apoyan al Centro de Crianza. A Olav Ofstedal, Jouseph Flanagan por su asesoramiento en lo referente a la dieta. A los guardaparques y voluntarios que alimentaron y pesaron al Solitario Jorge y a la tortuga testigo durante este estudio y a cada una de las personas que de una u otra manera ayudaron para que se lograra este trabajo.

* Consultor del Parque Nacional Galápagos

REFERENCIAS.

- Bacon, J.P., 1980. Some observations on the captive management of Galápagos tortoises. In: J.B. Murphy & J.T. Collins (eds.). *Reproductive Biology and diseases of captive reptiles. Society for the study of Amphibians and reptiles. Contributions to Herpetology* (1): 97-113.
- Caccone, A., Gentile, G., Gibbs, J.P., Fritts, T.H., Snell, H.L. Betts, J. & J.R. Powell, 2002. *Phylogeography and history of giant galapagos tortoises. Evolution* 56: 2052-2066.
- Criollo, N., 1995. *Comparación del Comportamiento del Solitario Jorge en las épocas fría y caliente. Inf. FCD.* 15pp.
- Cruz, M., 1994. *The Story of the discovery of the tortoise "Lonesome George" on Pinta Island. Noticias de Galápagos* 53:15-18.
- Fritts, T.H. & P.H. Fritts editors, 1982. *Race with extinction: Herpetological notes of J. R. Slevin's journey to the Galápagos 1905-1906. Herpetological Monograph* 1:1-98.
- Garrick, R.C., Benavides, E., Russello, M., Gibbs, J.P., Poulakakis, N., Dion, K.B., Hyseni, Ch., Kajdacs, B., Marquez, L., Bahan, S., Ciofi, C., Tapia, W. & A. Caccone, 2011. *Genetic Rediscovery of an "Extinct" Galapagos giant tortoises species. Current Biology Vol. 22 No 1.*
- Grigioni, S., 1993. *La estimulación sexual del Solitario Jorge: Un estudio en comportamiento. Inf. Interno. FCD.* 16 pp.
- MacFarland, C.G., J. Villa & B. Toro, 1974. *The Galápagos Giant tortoises (Geochelone elephantopus). Part I. Status of the surviving populations. Biological Conservation* 6(2): 118-133.
- Márquez, C., Laita, S. & S. Colobón, 1995. *Patrones de conducta del Solitario Jorge (Geochelone abingdonii) galápagos de la Isla Pinta. Inf. FCD* 8 pp.
- Márquez, C., D. A. Wiedenfeld, S. Naranjo & W. Llerena, 2008. *The 1997-8 El Niño and the Galapagos tortoises Geochelone vandenburghi on Alcedo volcano. Galapagos Research, Galapagos No 65:* 7-10.
- Márquez, C., Gibbs, J.P., Carrion, V. & A. Llerena, 2012. *Population Response of Giant Galapagos Tortoises to Feral Goat Removal. Restoration Ecology.* 1-6 pp.
- Ofstedal, O., 1995. *Galapagos tortoise nutrition and suggested diet changes. Tortoise Breeding and Rearing Program Charles Darwin Research Station Isla Santa Cruz, Galápagos Inf. FCD.* 6 pp.
- Poulakakis, N., Glaberman, S., Russello, M., Beheregaray, L.B., Ciofi, C., Powell, J.R., & A. Caccone, 2008. *Historical DNA analysis reveals living descendants of an extinct species of Galapagos tortoises. PNAS* 1-6.
- Reynolds, R.P. & R.W. Marlow. 1983. *Lonesome George, the Pinta Island Tortoise: A Case of limited alternatives. Not. de Gal. No. 37:*14-17.
- Russello, M., Glaberman, S., Gibbs, J. P. Marquez, C., Powell, J. & A. Caccone, 2005. *A Cryptic Taxon of Galapagos tortoise in conservation peril. Biol. Letter,* 1:287-290.
- Russello, M.A., Beheregaray, L.B., Gibbs, J.P., Fritts, T., Havill, N., Powell, J.R. & A.Caccone, 2009. *Lonesome George is not alone among Galapagos tortoises. Current Biology, Vol. 17, No 9:* 317-318.
- Slevin, J.R., 1959. *The Galápagos Island: a history of their exploration. Occasional Papers of the California Academy of Sciences No 25.* 150pp.
- Townsend, C.H., 1925. *The Galápagos tortoises in their relation to the whaling industry: a study of old logbooks. Zoologica* 4:55-135.
- Vagvolgyi, J., 1974. *Pinta tortoise: Rediscovered. Pacific Discovery,* 27(2):21-23.
- VanDenburgh, J., 1914. *Gigantic land tortoises of the Galápagos Archipelago. Proc. Calif. Acad. Sci., 4th Ser.* 2(1): 203- 374.
- Wikelski, M., Carrillo, V. & F. Trillmich, 1997. *Energy Limits to Body Size in a Grazing Reptile, the Galapagos Marine Iguana. Ecology* 78(7), 2204-2217.



CONTROLANDO LA TUBERCULOSIS (TB)

Por Manuela Almeida Martínez*

“En Ecuador la enfermedad continúa siendo un problema de salud pública y Esmeraldas representa la cuarta provincia con mayor prevalencia de TB”



“Si la importancia de una enfermedad para la humanidad se mide por el número de muertes que causa, la tuberculosis debe considerarse mucho más importante que las enfermedades infecciosas más temidas” (Koch, 1882).

Taller de Fortalecimiento Organizacional en Hotel Perla Verde para personas con TB

Se ha preguntado alguna vez ¿Cuántas personas con tuberculosis existen en Ecuador? ¿Cuántas en Esmeraldas? ¿Existe algún tipo de tratamiento para los que padecen esta enfermedad? o tal vez ¿Tiene cura la tuberculosis? ¿Pues bien; supongo que no, seguramente nunca se ha preguntado nada de esto. Que les puedo decir, que es perfectamente normal, al menos yo nunca me había preguntado nada de ello; por qué pensar en algo por lo cual no hemos pasado o experimentado o que incluso provoca cierto temor o repudio con tan sólo nombrarlo, cómo es la enfermedad de la tuberculosis. Entonces espero que al tomarse el tiempo de leer este artículo, muchos se den la oportunidad de aprender algo de lo que realmente es la tuberculosis.

LA TUBERCULOSIS (TB)

La tuberculosis es una enfermedad infecto-contagiosa que frecuentemente afecta y destruye los pulmones, es causada por una bacteria de la familia de las micobacterias, principalmente la denominada Mycobacterium tuberculosis. Los principales síntomas de la enfermedad son la presencia de tos y flema por más de 15 días, fiebre y sudoración nocturna, falta de apetito, baja de peso y cansancio general. Una persona con tuberculosis puede contagiar a otra sana al hablar, toser o estornudar, ya que lo trasmite por la expulsión de gotas de saliva que contienen el bacilo o microbio. Existen factores externos que potencian la vulnerabilidad de las personas ante la enfermedad, por ejemplo la pobreza y el hacinamiento, incluso por el acceso a personas que padecen enfermedades

como VIH/SIDA, diabetes, drogodependencia o alcoholismo; éstos últimos son los casos que además tienen el mayor riesgo de desarrollar tuberculosis.

Según el boletín de prensa de la Dirección Provincial de Esmeraldas del Ministerio de Salud, del 21 de marzo del 2013, todos los seres humanos tenemos un 5% de probabilidades de desarrollar tuberculosis, en el transcurso de nuestras vidas, y en una persona con VIH este riesgo se incrementa a un 13%, en personas con diabetes en un 8%. Esta enfermedad puede presentarse a cualquier edad, tanto en niños, adolescentes, jóvenes y adultos.

TIPOS DE TUBERCULOSIS

Aunque se sabe que la enfermedad



afecta frecuentemente a los pulmones, es interesante saber que la bacteria responsable de la enfermedad puede crecer en otros lugares del organismo (lo que se conoce como tuberculosis localizada) afectando a un sólo un órgano, por ejemplo; al respecto agregaré lo siguiente, dentro de mi experiencia socializando con personas afectadas por la tuberculosis pude apreciar 2 casos especiales. El primero es un paciente diagnosticado con tuberculosis ósea (cabe mencionar que este tipo de tuberculosis no es contagiosa), afecta solo a los huesos; El segundo presentaba un caso diferente de tuberculosis ocasionada por un bacilo ambiental, fue contraída por algún agente del medio en cual esta persona se desenvolvía (es decir no fue un contagio de persona a persona). Este caso, por tratarse de algo especial, está siendo sujeto de mayores estudios en la actualidad por parte del Ministerio de Salud.

LA TUBERCULOSIS UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA.

Para sustentar esta parte volveré a citar el mismo boletín de la Dirección provincial de Esmeraldas del Ministerio de salud, donde señal que La estrategia de Salud Colectiva de Prevención y Control de la tuberculosis (TB) del Ecuador en el 2011, notificó 4709 casos nuevos de todas las formas (TB pulmonar y extrapulmonar), que corresponde al 56% de los casos estimados por la Organización Mundial de la Salud y de ellos, 75% (3521) presentan formas contagiosas (forma pulmonar). La mayor carga de casos de TB se registra en Guayas, que representa el 49%, y en provincias como Los Ríos, El Oro, Manabí, Pichincha y Esmeraldas por las distintas determinantes sociales de las mismas, concentran el 77% de los casos de TB del país. Esmeraldas representa la

cuarta provincia con mayor prevalencia de tuberculosis; el cantón Esmeraldas es el que reporta el mayor número de casos, seguido de Quinindé y San Lorenzo, pero en todos los cantones hay casos de TB. En el 2011 se registraron 215 casos mientras que el 2012 fueron 241 casos (Cuadro I).

LA TUBERCULOSIS SÍ TIENE CURA

El diagnóstico para confirmar si una persona padece TB se realiza gracias a un diagnóstico de laboratorio denominado baciloscopía y cultivo, esto con base en un análisis del esputo (flema), para determinar la presencia del bacilo. En nuestro país, toda persona afectada por la tuberculosis tiene derecho a recibir atención médica y tratamiento gratuito desde el diagnóstico hasta el final del tratamiento, demostrando que no solo es posible curarse, sino también que es posible erradicarla.

La perseverancia en la continuidad del tratamiento por parte de los pacientes es de vital importancia. En la actualidad se imparten talleres donde se les informa todo lo que implica tener TB y lo importante y necesario que es terminar el tratamiento. Es importante decir que en todos los talleres dados a los pacientes y a sus familiares se enfatiza muchísimo en este tema, ya que existen personas que lo abandonan, ocasionando que la bacteria se vuelva resistente, y por ende ingresan a una nueva fase en la que los fármacos suelen ser menos eficientes y pueden generar consecuencias paralelas, por ejemplo la pérdida de audición o incluso la pérdida de secciones del pulmón (Tabla II).

El tratamiento para la TB, dependiendo del caso, puede llegar a durar entre 6 a 8 meses, 1 año o hasta 2 años (Tabla

III). El Programa Nacional de Control “Tuberculosis - Ecuador” del Ministerio de Salud Pública lleva una campaña del control de la enfermedad, apoyados por la Red Internacional de Organizaciones de Salud y el Fondo Mundial de lucha contra el SIDA, la tuberculosis y la malaria.

Durante los talleres impartidos a personas con tuberculosis en Esmeraldas (Dirección Provincial de salud de Esmeraldas, 2012), se logró detectar que los pacientes con TB presentaron los siguientes problemas de drogo-resistencia durante la Adherencia al Tratamiento; esto define los distintos tipos de tratamientos a los que se sometieron. Existió Mono-resistencia, que es aquella producida por una cepa resistente a una sola droga de primera línea del tratamiento y poli-resistencia, que es la presencia de un tipo de tuberculosis cuya prueba de sensibilidad muestra resistencia a 2 o más fármacos antituberculosis y que no sean Isoniacida y Rifampicina simultáneamente.

EL ESTIGMA Y LA DISCRIMINACIÓN

“El estigma y la discriminación, constituyen uno de los mayores obstáculos para eliminar el impacto social de esta enfermedad” (Asociación Volver a vivir, 2013).

En uno de los eventos donde pude participar y que reunía a representantes y autoridades de diferentes Instituciones públicas en Esmeraldas, precisamente para tratar este tema, me llamó mucho la atención el pedido que hiciera una docente primaria. Ella, que laboraba en una conocida y prestigiosa escuela de la ciudad de Esmeraldas y que por obvias razones omitiré su nombre, solicitaba a la Dirección Provincial de Salud o a

la Asociación Volver a vivir (personas afectadas por TB) que se impartieran charlas sobre la TB en las escuelas y colegios, ya que en su institución se habían identificado niños cuyos padres padecen la enfermedad, argumentaba además que ha presenciado como otros alumnos han rechazado jugar con esos niños, ya que sus padres los habían prohibido jugar con hijos de tuberculosos. Suena cruel, pero este es un ejemplo real del estigma y la discriminación a la que son sujetos los pacientes de la TB.

Muchas de las personas con TB que conocí durante esa experiencia, mantenían tanto su enfermedad como sus tratamientos ocultos, la razón es simple, el temor a ser discriminados en sus trabajos y en su círculo social de amigos, incluso de familiares. A lo mejor muchas de las personas que nos rodean, pueden estar atravesando por este u otro padecimiento, pero prefieren mantenerlo guardado por miedo al aislamiento y al rechazo de la sociedad.

“Alto a la discriminación: Si comprendemos el padecimiento de las personas afectadas por tuberculosis y de la batalla que significa para ellos combatirla, tendremos una sociedad más tolerante y menos discriminatoria; el aporte de la ciudadanía es muy importante para erradicar la enfermedad de la provincia” (Asociación Volver a vivir 2013).

24 DE MARZO DÍA MUNDIAL DE LA TUBERCULOSIS

Al hablar acerca del día mundial de la tuberculosis es importante saber lo siguiente: ¿Qué dio origen a decretar este día como tal? Al respecto considero importante llevar al lector por un pequeño viaje hacia la historia. La tuberculosis es conocida también como bacilo de Koch, en honor a su descubridor Robert Koch, médico alemán que en 1882 consiguió aislar la bacteria de las flemas expulsadas por los pacientes con síntomas similares. Demostrando que era contagiosa y, separando a los pacientes de las personas sanas, se impedía la diseminación de la bacteria. Es importante saber esto, ya que a raíz de este descubrimiento y la publicación de sus resultados ante la Sociedad Fisiológica de Berlín el 24 de marzo de 1882. Desde entonces hasta la fecha se lo celebra cada año.

ASOCIACIÓN VOLVER A VIVIR

En Esmeraldas, con 2 años de existencia aunque con vida jurídica de apenas uno, fue creada la Asociación Volver a Vivir, liderada por su presidente el Sr. Luis Quiñónez Acosta, quien padeció de TB y hoy en día se encuentra curado. Esta Asociación está conformada por personas en tratamiento, personas curadas y por familiares de los mismos. La Asociación trabaja bajo el lema “La prevención es la solución”.

“La Asociación Volver a Vivir es una organización civil sin fines de lucro y políticos, formada por personas afectadas de tuberculosis (TB) y familiares que luchamos por hacer respetar los derechos de los pacientes, hacer cumplir sus obligaciones formándolos en valor, honestidad, solidaridad, responsabilidad, puntualidad y lealtad” (Tomado de la misión de la Asociación Volver a vivir).

PARA TERMINAR

Se dice que de toda experiencia, sea grande o pequeña, buena o mala, siempre se aprende. Es una lección dada y una oportunidad para extraer lo mejor de cada vivencia y convertirnos en mejores personas. Esta experiencia que me tocó vivir con personas afectadas por la TB me condujo a profundizar sobre el tema, aprender cosas que muchos desconocen y que nos permite entender lo que debe significar padecer TB, saber que hoy es posible curarse, saber sobre sus efectos y sobre sus consecuencias; pero lo más importante, crecer y aprender de la experiencia humana, de la lucha que enfrenta cada paciente, de los que celebren haberla dominado para poder decir que están curados, y a veces a lamentar por la pérdida de alguno de ellos. Aunque muchos temas de la TB no fueron abordados en este artículo, espero haber compartido con el lector parte importante de ella. ■

* Colaboradora del Programa para el control de la tuberculosis del MSP.
almeida1982@hotmail.es / cristina.almeidaz111@gmail.com

REFERENCIAS

- Asociación Volver a Vivir. 2013. *Derechos y responsabilidades de las personas afectadas por tuberculosis. Alto a la discriminación. Folletos Informativos de la Asociación Volver a Vivir de Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador.*
- Dirección Provincial de Salud Esmeraldas. 2012. *Memoria de los talleres impartidos a personas con tuberculosis en Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador.*
- Dirección Provincial de Salud Esmeraldas. 2013. *Día Mundial de lucha contra la tuberculosis. Boletín de prensa 21 de marzo 2013. Esmeraldas, Ecuador.*
- Dirección Provincial de Salud Esmeraldas. 2013. *Guía sobre la tuberculosis para personal de salud. Boletín de prensa 21 de marzo 2013. Esmeraldas, Ecuador.*
- Thomas D. Brock 1988 “Robert Koch: a life in medicine and bacteriology”. Disponible en: www.esmas.com/salud/enfermedades/infecciosas/352262.html. Consultada el 08/03/2013.

AFECTACIONES A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS PRODUCTO DE LA MINERÍA AURÍFERA ILEGAL EN EL AÑO 2011

Por Eduardo Rebolledo Monsalve y Pedro Jiménez Prado*

RESUMEN.

Se analiza los impactos del proceso minero en ecosistemas del norte de Esmeraldas con énfasis en la calidad de agua al observar el contenido de metales en 14 muestras de agua superficial, 18 muestras de sedimentos, 10 muestras de peces, 1 muestras de crustáceos y 2 muestras de moluscos derivadas a laboratorios acreditados por 3 instituciones durante el periodo Mayo-Julio del 2011 en el norte de Esmeraldas, estableciéndose que las alteraciones manifestadas en los niveles de turbidez, DBO, Al, Fe y Hg en muestras de agua.

Los niveles de pH, Cr, Ni, V, Co, Hg y S en suelos y sedimentos superan los límites máximos permisibles establecidos en la legislación ecuatoriana y se discuten los niveles de Al, As y Hg en peces, crustáceos y moluscos, empleándose normativas internacionales para su interpretación debido a la ausencia de marco legal nacional relativo.

Se analiza también efectos de la actividad minera en la diversidad de peces, macro invertebrados y crustáceos en 10 estaciones de muestreo en los ríos Bogotá, Cachaví, Tululbí, Santiago, Estero María y Wimbi, donde 8 estaciones acusan una baja diversidad H' (Shannon Weaver).

Posteriormente se analizan las posibles repercusiones de esta actividad en la salud de 75039 habitantes del Norte de Esmeraldas que habrían sido expuestos a metales pesados de acuerdo al Censo 2010 y se proponen estudios que aporten antecedentes que permitan mitigar este sombrío escenario.

Palabras clave: Calidad ambiental, Límites máximos permisibles, bioacumulación, índices de diversidad.

INTRODUCCIÓN.

La actividad aurífera no es nueva en el norte de la Provincia de Esmeraldas. Desde hace cientos de años se extrajo oro de los actuales cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo. La extracción se realiza al lado de los ríos, muy cerca de zonas donde se asentaron culturas que trabajaron este metal de manera ancestral. Esta actividad ha mostrado periodos en los cuales ha habido incrementos extractivos. Pero ninguno

ha llegado a los extremos observados en ambos cantones, específicamente en la cuenca hidrográfica del sistema Santiago Cayapas en el último lustro.

La minería aurífera ilegal viene desarrollándose desde hace más de 6 años, de forma intermitente, para luego, desde el 2008, convertirse en un verdadero “boom” de explotación. Las transformaciones drásticas del territorio se sintieron principalmente en los ríos y en las comunidades asentadas

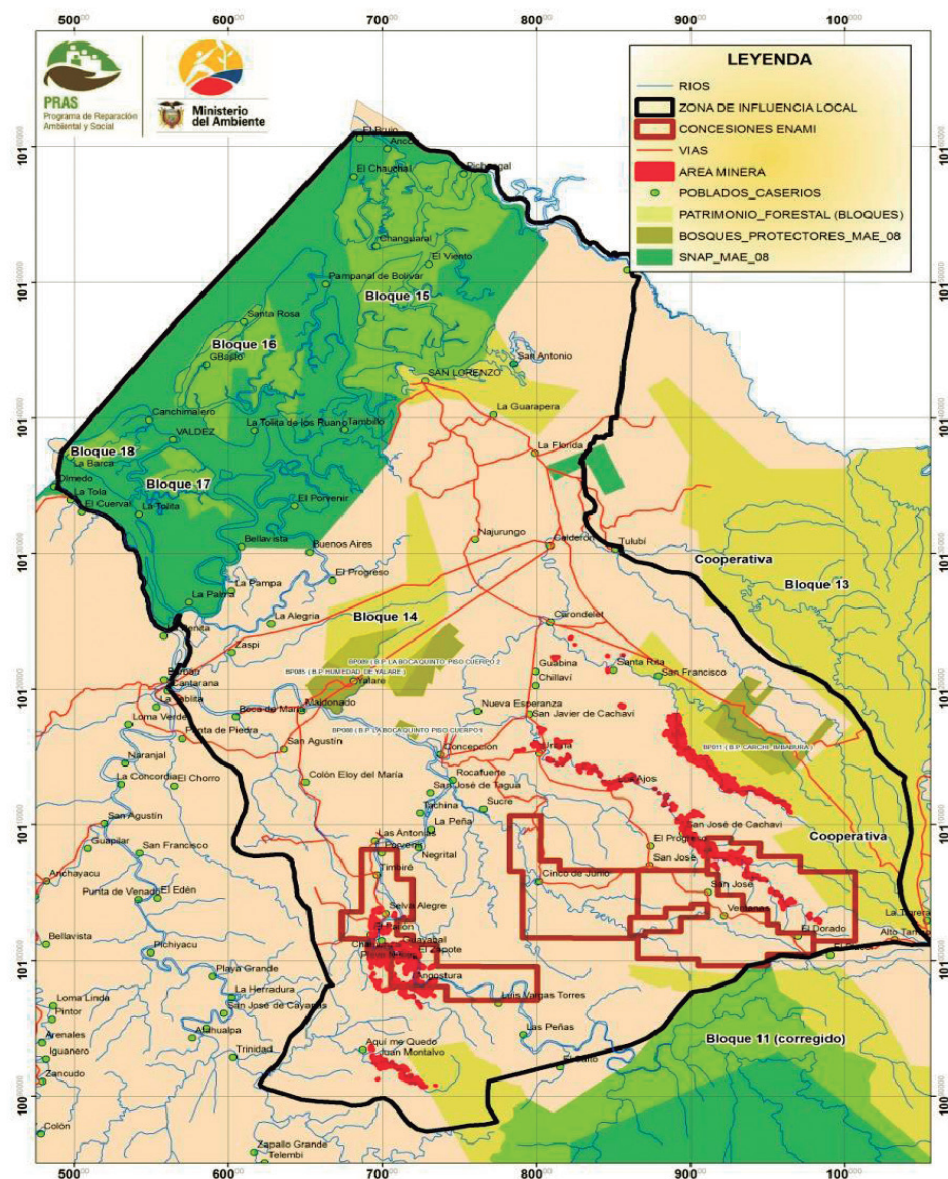


Figura 1: Mapa de la Zona de Influencia Local. Fuente PRAS 2011.

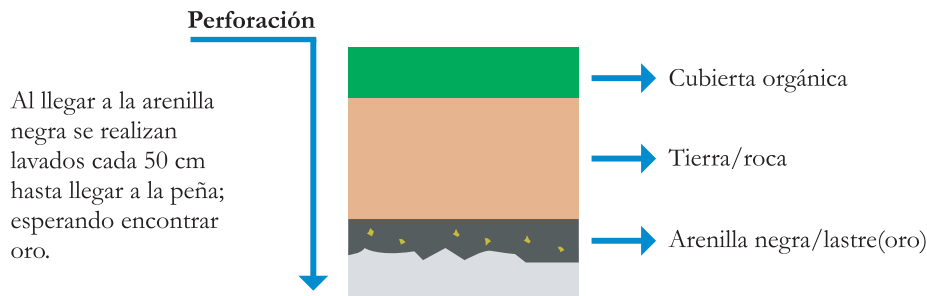


Figura 2: Diagrama de percepción de la prospección de oro de acuerdo a testimonios de mineros. Fuente CID PUCESE 2011.

la acumulación progresiva de metales pesados al ascender en la cadena trófica, constituyendo algunos peces predadores, crustáceos y moluscos elementos de la dieta de comunidades ribereñas sin mediar estudios sobre los futuros efectos en la salud de habitantes del norte de Esmeraldas.

La actividad minera ilegal se ha concentrado principalmente en 8 ríos y esteros de la cuenca del sistema hidrográfico Santiago-Cayapas: Tululbí, Cachaví, Bogotá, Wimbi, Santiago, Estero María, Zabaleta y Zapallito.

Los lugares de explotación se ubican principalmente en el curso medio de estos ríos, en donde, además, se asientan varias comunidades que aprovechan directamente las faenas de producción del oro, estimándose una zona de influencia local de la minería ilegal que asciende a 121.311,3 ha de acuerdo al del Programa de Reparación Ambiental y Social PRAS del Ministerio del Ambiente en el año 2011.

La extracción de oro también fragmenta los territorios y a diferencia

en sus riberas: la contaminación elevó los niveles de conflictividad entre quienes lucraban por el oro río arriba y quienes ya no podían disponer del agua limpia río abajo. Desde fines del 2010, se sucedieron algunas denuncias e intervenciones militares, que elevaron aún más la temperatura del conflicto, mientras se comenzaban a saber nuevos factores de impacto: exposición a metales pesados, aumento del paludismo, redes de poder, importancia de la resolución violenta de conflictos, etc.

Desde principios del año 2011, impulsados por el Vicariato de Esmeraldas CID – PUCESE emprendió el proyecto “Análisis de los conflictos y los impactos provenientes de la actividad aurífera en la zona norte de la provincia de Esmeraldas para la construcción de paz en las comunidades afectadas” [1]. Sus objetivos, determinar principalmente los impactos biológico-ambientales, sociales y sanitarios más importantes a través de un diseño de proyecto interdisciplinario, estableciéndose una alianza con SENAGUA Y MAE en el mes de abril del 2011 para el desarrollo de una campaña de monitoreo conjunto que optimice recursos y cuyos resultados fueron puestos a disposición del Sexto tribunal de lo contencioso de San Lorenzo. Posteriormente CID PUCESE es contratado por PRAS¹ [2]. Para la continuación y profundización

de investigaciones aplicadas en esta temática, estimándose el estado de conservación de la Zona de influencia local de la minería Aurífera ilegal (figura 1) y posteriormente valorar el daño y sus costos de remediación asociados. Es de suma importancia indicar que la mayoría de localidades ubicadas en la ZIL, carecen de abastecimiento de agua potable por lo que utilizan el agua de cursos de agua para uso doméstico, aseo personal e inclusive consumo directo, exponiéndose a metales pesados e inclusive ingiriéndolos al consumir agua y recursos pesqueros de agua dulce, existiendo antecedentes del proceso de magnificación, es decir de



Figura 3: Corte minero ilegal en explotación. Fuente CID PUCESE





de la deforestación, inutiliza terrenos. Consiste en la remoción de grandes volúmenes de tierra mediante maquinaria pesada, para luego iniciar los procesos de trituración, molienda y amalgamación, durante los cuales se vierten al ambiente importantes cantidades de mercurio utilizado para la recuperación de pequeños fragmentos de oro, perdiéndose la cubierta fértil del suelo, alterándose los horizontes del suelo y agregando químicos tóxicos al suelo. Los procesos que comprenden la extracción de oro con el uso de maquinaria pesada se exponen a continuación.

Prospección: La Bibliografía existente y la propia experiencia de los mineros, indican la existencia de 4 puntos en los que se concentra el mineral:

- a) Bolsones (en caídas de agua)
- b) Depósitos (en la confluencia de ríos)
- c) Botaderos (en los codos de los ríos)
- d) Corridas (en la salida de ríos) [3].

La prospección implica la obtención de un testigo, perforación donde se extrae un cilindro de suelo, como se observa en la figura 2.

Exploración: Para estimar las ganancias potenciales que podría ofrecer la explotación de un yacimiento, la minería informal de norte de la provincia de Esmeraldas realiza un conteo de chispas por medio del uso de la batea y/o del azogue². Con el mismo instrumento que se utiliza para la prospección, se recoge la arenilla negra que contiene el oro, en general justo sobre la “peña”, o el lugar donde los mineros dicen no profundizar más. Luego se procede a la extracción del metal de la muestra de arenilla, y en función del número o densidad de chispas de oro, se decide si el lugar será explotado o no.

Explotación: Básicamente, el proceso es siempre muy similar; se realiza el corte hasta acceder a la peña; para luego por medio de una, dos y hasta tres retroexcavadoras cavar agujeros de varias dimensiones regularmente de 20x20x9 m, retirándose material pétreo hacia la superficie y depositándose el material a ser lavado en una clasificadora, estructura vertical de madera y metal que posee en su interior una serie de niveles en forma de Z. En ella se pone el material extraído, para luego verter

grandes volúmenes de agua a presión desde lo más alto de la estructura sobre los diferentes tipos de materiales a lavarse. De este modo, se logra separar las diferentes densidades y dentro de ellas seleccionar las que contienen el oro. Para el lavado de gravedad es necesario un gran volumen de agua; la que es suministrada por medio de bombas hacia al tope de la clasificadora. Este imperativo técnico explica en buena medida, la necesidad de los mineros de explotar sectores aledaños a los ríos. Es en esta etapa en la cual compuestos del suelo son transferidos al agua y donde se genera un considerable arrastre de sedimentos hacia cursos de agua, cambiándose propiedades físicas de los cursos de agua.

Es en esta etapa donde se generan perforaciones profundas que generalmente se inundan y que, salvo escasas excepciones, no son tapadas debido al costo de maquinaria requerido. Los frentes mineros tienen una velocidad de trabajo de 1 corte (hueco realizado con 1, 2 y hasta 3 retroexcavadoras) por semana, estimándose que en una hectárea se trabajan 4 cortes durante un mes. Luego quedan tanto huecos como tierra removidas y que en las imágenes aéreas se aprecia como suelo desnudo. Una imagen de esta transformación que puede involucrar la deforestación previa la observamos en la figura 3.

Beneficios: Los Beneficios obtenidos de la minería aurífera son difíciles de homogeneizar, técnicamente se establece a la relación existente entre los gramos de oro obtenidos por cada tonelada de tierra removida, denominada Ley.

No existen estudios formales que establezcan este parámetro para el norte de Esmeraldas, pero existen testimonios que hablan de una ley que fluctúa entre 5 y 20 gr. Además, cada frente minero



Figura 4: Dragas en el río Bogotá, sector Valle de la virgen. Fuente CID PUCESE.





ocupa distintos métodos para optimizar la producción de oro.

Si bien es posible que como resultado de la explotación se obtengan fragmentos de oro, lo más usual es utilizar algún procedimiento químico que permita obtener mejores rendimientos, para ello el procedimiento más común es el verter un compuesto que genere un enlace químico con sedimentos finos de oro y que, este compuesto, posea una densidad diferencial con respecto al resto del mineral. A nivel mundial las formas más usadas son el mercurio y el cianuro. Cada una con rendimientos y procesos diferentes.

Fundición: Si la amalgama de mercurio se quema, es posible luego fundir el metal para purificarlo o para moldearlo en formas comerciales (como el lingote). Este proceso no tiene gran complejidad, y puede homologarse a cualquier proceso de fundición que se realice posteriormente.

Explotación de oro con dragas: Las dragas debutaron hace casi dos años. Son rejillas clasificadoras montadas sobre embarcaciones que poseen una bomba de succión que va depositando sedimento del lecho de ríos y con la misma agua succionada se va lavando. La manguera de succión es removida por el fondo de los ríos con el trabajo de un buzo semiautónomo, es decir, que respira gracias a un compresor y manguera de alta presión (hoocka³). Este buzo puede trabajar hasta periodos de ocho horas. Dos personas trabajan en una draga, un tripulante y un buzo. Los mismos se alternan, trabajando todo el día. No se sabe exactamente el número de dragas que hay en la zona observándose una de ellas en la figura 4.

Durante estos proceso minero y dependiendo de la composición

de los suelos, varios compuestos y principalmente metales son transferidos al cuerpos de agua que cambian sus características físicas y químicas, mientras mas frentes mineros existan a lo largo del curso de agua y de no mediar el aporte de otros cursos de agua, la calidad del agua ira en detrimento aguas abajo por la sumatoria efluentes mineros que se irán concentrando en el mismo volumen de agua.

De acuerdo al marco legal ecuatoriano establecido en el Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua, del Texto Unificado de la legislación ambiental secundaria TULAS, Norma ecuatoriana para 2.1 Aguas superficiales⁴ que especifica las normas generales y los criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios, mencionando que la norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua: 1) *Consumo humano y uso domestico*, 2) *Preservación de flora y fauna*, 3) *Agrícola*, 4) *Pecuario*, 5) *Recreativo* 6) *Industrial*, 7) *Transporte* y 8) *Estético*.

Los ecosistemas acuáticos continentales lóticos⁵ y lénticos⁶, más que ningún otro ecosistema, son los que han sufrido los mayores impactos causados por la actividad humana en las últimas décadas. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez creciente, tienen destino final los ríos, y en último término el mar.

En los últimos años el concepto de calidad de agua ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente fisicoquímico a otro que integra todos los componentes de ecosistema. Recientemente, el Parlamento Europeo mediante la Directiva Marco COM-97 aceptó el término estado ecológico como una medida de la calidad de las aguas. [4]

Por lo tanto, es de suma importancia reconocer el valor de la bioindicación como un método para evaluar la calidad de cuerpos de agua. La presencia y características de una comunidad de un medio determinado es un índice inequívoco de las condiciones que allí están dominando.

Además de los criterios ecológicos descritos con respecto a comunidades acuáticas, es importante dar a conocer criterios que nos permiten evaluar eventos de contaminación asociados a los mismos, siendo generalmente las concentraciones de metales pesados acumuladas en sedimentos más altas que las encontradas en el agua, razón por la cual son ampliamente utilizados como indicadores de contaminación que hubieran sufrido ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, los sedimentos de un ecosistema acuático reflejan la calidad de sus aguas. Los metales pesados que son inmovilizados en los sedimentos constituyen un riesgo potencial en la calidad del agua y la biota debido a que pueden ser liberados de nuevo a la fase acuosa [5] [6].

La ingesta de metales pesados por los organismos acuáticos depende del hábitat y hábitos alimenticios. Las especies filtradoras y organismos planctónicos están más expuestos a los metales pesados disueltos en agua o asociados a partículas. Por otra parte, los sedimentívoros y la meiofauna, captan los metales al ingerir partículas sedimentarias y las aguas asociadas a los poros del sedimento, así como los metales presentes en las bacterias que viven asociadas al sedimento [7].

Debido al potencial de algunos organismos, especialmente algas e invertebrados para concentrar metales trazas, se habría sugerido el uso de estos como organismos de vigilancia o





monitoreo en ambiente acuáticos, ello básicamente porque permite integrar espacial y temporalmente las variaciones ambientales de estos metales [7] [8] [9] [10] [11]. Es así que desde la década de los ochenta, se ha extendido el uso de biomarcadores en programas de monitorización de la contaminación ambiental. Entre los organismo biomonitores se han usado diferentes especies de peces y moluscos bivalvos, estableciendo que estos últimos son entre los organismos marinos, el grupo más recomendado para su uso como organismo monitores de contaminación acuática [12] [13].

Estos organismos juegan un rol esencial en los estudios relacionados con la evaluación de la calidad del ambiente marino [14] [15] [16]. Estableciéndose que la toxicidad está directamente relacionada con la concentración del compuesto y con la edad de los organismos [17]. Debido a esto, los bivalvos han sido ampliamente utilizados para evaluar la calidad ambiental in situ de los ecosistemas acuáticos, ya que poseen las siguientes y adecuadas características: a) Son organismos sésiles, b) muestran una alta capacidad de bioacumulación por su carácter senil y su naturaleza filtradora, c) son abundantes, d) de vida media larga y e) son manejables y fácilmente aclimatables a condiciones experimentales.

METODOLOGÍA O DESARROLLO.

En abril del 2011, se suscribe un convenio para una intervención conjunta para el monitoreo de calidad ambiental en cursos de agua del sistema hidrográfico Santiago Cayapas entre SENAGUA que se encarga del muestreo de agua, el MAE que muestreara sedimentos y CID PUCESE que muestreará diversidad de Peces y macro

invertebrados y la bioacumulación de Hg, As y Al en muestras de biota. Se realizan un muestreo simultáneo durante la primera semana de Mayo en los cantones Eloy Alfaro y san Lorenzo obteniéndose muestras de agua, sedimentos y biota que se observan en la **Tabla I.**

De esta forma se obtuvieron muestras de cuerpos de agua de los ríos Bogotá, Santiago, Wimbi, Estero María, Cachaví, Tululbí, Palabí y Zapallito de acuerdo a los siguientes protocolos de muestreo:

AGUA, toma de agua sub superficial empleándose una botella Van Dorn de 2 litros de capacidad para la obtención de los volúmenes de agua requeridos

en laboratorio (4 litros) las mismas que una vez obtenidas fueron depositados en envases herméticos y codificados para conservarse a menos de 5°C en coolers con hielo conservándose enfriadas hasta su recepción en laboratorio.

SEDIMENTOS, se obtuvieron muestras de orillas de cuerpos de agua con una pala muestreadora que obtiene un cilindro de sedimentos, completándose 1 Kg de muestra que posteriormente fueron depositada en fundas ziploc dobles, codificadas y conservadas a menos de 5°C en coolers hasta su recepción en laboratorio.

BIOTA (Peces y crustáceos) Se empleó la Evaluación Rápida de Recursos Bioacuáticos (AQUARAP), base de

	Sectores Monitoreados	Agua	Sedimentos	Biota
1	Río Santiago sector Playa de oro	X	X	X
2	Río Santiago sector Selva alegre	X	X	X
3	Río Santiago/Río Bogota, sector	X	X	X
4	Río Wimbi sector Wimbi		X	X
5	Estero "limpio" cerca Wimbi			X
6	Río Bogota sector valle de la Virgen		X	X
7	Río Bogota sector San Francisco	X	X	X
8	Río Bogota/Río Tululbi sector La Boca		X	X
9	Río Tululbi sector Minas Viejas	X	X	
10	Río Tululbi/Río Palabi sector Ricaurte	X	X	X
11	Río Palabi/rio Tululbi sector Ricaurte	X	X	
12	Río Tululbi /rio Bogota sector la Boca		X	
13	Río Cachavi sector San Javier	X	X	X
14	Río Bogota/Río Santiago sector Concepción	X	X	
15	Río Santiago sector puente Maldonado	X	X	
16	Estero María /Estero Zabaleta	X	X	
17	Estero Maria sector San Agustín	X	X	X
18	Río Santiago/Río Cayapas sector Borbon	X	X	
19	Río Zapallito sector Juan Montalvo	X	X	
20	Palma Real			X
21	Tambillo			X

Tabla I: Muestras obtenidas y derivadas a laboratorio durante la campaña de muestreo conjunto SENAGUA-MAE-CID PUCESE.





Figura 5: Red de barrido lateral empleada en campaña de muestreo.

las metodologías tradicionales para un monitoreo ecológico [18] [19] [20] [21], con la que se obtiene un diagnóstico del estado de las comunidades ícticas, al hacer una evaluación de la diversidad, abundancia relativa, nivel trófico y especies indicadoras.

El trabajo consiste en el registro de especímenes, observados y/o colectados, apoyado con entrevistas a pobladores del sector. Se efectuaron 10 muestreos en las localidades que se describen en la **Tabla I** empleándose la misma CPUE⁷ al emplear los mismos artes, una red de arrastre horizontal de 6 m de largo x 1,5 m de alto y un diámetro de ojo de 0,5 cm (Figura 5) y una atarraya de 2 m de diámetro y un diámetro de ojo de 1,0 cm (Figura 6), con los mismos pescadores y utilizándose la el mismo numero de lances (4 para la red de arrastre y 10 para la atarraya).



Figura 6: Atarraya empleada en campaña de muestreo.

Se visito inmediaciones de las caletas Tambillo y Palma Real adquiriéndose ejemplares de *Anadara Tuberculosa* a concheras en faenas de extracción que al igual que los especímenes de peces escogidos de cada localidad fueron conservados en frío a menos de 5°C hasta su recepción en laboratorio. La estimación de diversidad consistió en la identificación y conteo de especímenes colectados en cada localidad empleándose el índice de Shannon Weaver que toma en cuenta los dos componentes de la diversidad de una localidad: el número de especies y número de individuos por especie expresando la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Es decir, asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas





en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S (riqueza específica de especies), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

La fórmula de cálculo es:

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde: H' = Índice de diversidad
 p_i = proporción de la muestra (n_i/N), que representa el número total de individuos de una especie (n_i) dividido para el número total de individuos de todas las especies (N). Los valores del índice de Shannon-Wiener inferiores a 1.5 se consideran como de diversidad baja, entre 1.6 y 3.0 se considera como media, y los iguales o superiores a 3.1 como diversidad alta, según indica Maguran en 1988. Este índice refleja igualdad: mientras más uniforme es la distribución de las especies que componen la comunidad, mayor es el valor.

Se asume al interpretar el índice de Shannon Wiener que los valores inferiores a 3, indican una perturbación en el ecosistema analizado.

El detalle de especímenes enviados a laboratorio para analizar su contenido de Aluminio, Arsénico y Mercurio y PCBs⁸ se observan en la **Tabla II**. Para el análisis del contenido de metales en muestras de agua, sedimentos y biota se emplearon laboratorios acreditados por el OAE⁹ empleándose EAA¹⁰ para llegar a los límites de detección de trazas de compuestos de modo de poder comparar los resultados obtenidos con el marco legal vigente especificado en el TULAS.

Se analizó también niveles de PCBs en 5 muestras para observar la incidencia de otros contaminantes que pudieran

alterar los análisis, es decir para descartar la influencia de otras fuentes de contaminación.

RESULTADOS.

Calidad de agua: En la **Tabla III**, se observan los niveles de contaminantes para 14 muestras de agua del muestreo de SENAGUA. Calidad de sedimentos: en la **Tabla IV** se observan los valores

de sedimentos de las 18 muestras de sedimentos obtenidas por el MAE.

Biota: En la **Tabla V** se observa el listado de especies de peces presentes en la zona.

En la **tabla VI** se observa el número de especies presente en cada curso de agua y localidad de referencia muestreada, el número total de individuos capturados en cada lugar y el índice de diversidad H' calculado para cada lugar.

Rio-Localidad	Muestra enviada	Parámetros a analizar
Bogota-Valle de la Virgen	Guañas <i>Chaetostoma marginatum</i> (pez segundo nivel trófico)	Hg, As, Al
Bogota-San Francisco del Bogota	Minchilla <i>Macrobrachium tenellum</i> (crustáceo decápodo segundo nivel trófico)	Hg, As, Al
Wimbi-Wimbi	Chalas <i>Pseudochalceus cf. longianalis</i> (pez segundo nivel trófico)	Hg, As, Al
Punto limpio sn-Wimbi	Chalas <i>Pseudochalceus cf. Longianalis</i>	Hg, As, Al
Santiago-Concepción	Cagua <i>Gobiomorus latifasciata</i> . (pez predador, tercer nivel trófico)	Hg, As, Al
Cachaví-San Javier	Cherre <i>Strongylura fluviatilis</i> (pez predador, tercer nivel trófico)	Hg, As, Al, PCBs
	Guañas <i>Chaetostoma marginatum</i>	Hg, As, Al, PCBs
Bogota/Tululbí-La Boca	Viejas <i>Aequidens coeruleopunctatus</i> (pez segundo-tercer nivel trófico)	Hg, As, Al, PCBs
Santiago-Playa de Oro	Chalas <i>Pseudochalceus cf. Longianalis</i>	Hg, As, Al, PCBs
Santiago-Selva Alegre	Chalas <i>Pseudochalceus cf. Longianalis</i>	Hg, As, Al
Estero Maria-San Agustín	Chalas <i>Pseudochalceus cf. Longianalis</i>	Hg, As, Al
Manglares cercanos a Tambillo	Conchas <i>Anadara tuberculosa</i> (Bivalvo filtrador, segundo nivel trófico)	Hg, As, Al, PCBs
Manglares cercanos a Palma Real	Conchas <i>Anadara tuberculosa</i>	Hg, As, Al

Tabla II: Muestras de biota enviadas a laboratorio.





TULAS Libro VI, Agua trat. Convencional	Parámetros	Unidades	RIO SANTIAGO-PLAYA DE ORO	RIO SANTIAGO-SELVA ALEGRE	RIO SANTIAGO AJ RIO BOGOTA	RIO BOGOTA-SAN FRANCISCO	RIO TULULBI-MINAS VIEJAS	RIO TULULBI AJ RIO PALAVI	RIO PALAVI AJ RIO TULULBI	RIO CACHAVI-SAN JAVIER	RIO BOGOTA AJ RIO SANTIAGO	RIO SANTIAGO-PUENTE MALDONADO	EST EST
Limites Máximos													
No Registra	Conductividad	(Us/cm)	31,6	33,2	24,4	22,1	23	23,5	23,9	17,7	23,8	24	
6-9	Ph		5,88	6,47	6,31	5,63	6,14	6,72	6,14	6,54	6,66	5,61	
Condición +0-3°C	T agua	(°C)	24,7	24,5	24,1	26	24,2	29,4	28,7	29	27,6	24,7	
Condición +0-3°C	T ambiente	(°C)	28	25,4	31	26,3	26	30	29	35	29	27	
No menor a 6mg/l	Oxigeno D	(mg/l)	8,55	8,23	NM	6,37	7,9	NM	NM	7,23	NM	5,3	
80% de oxigeno de Saturación	% OD	(%)	104,2	98,9	M	119,2	96,7	NM	NM	94	NM	97,3	
100	Turbiedad	NTU	6,33	9,41	12	126	>1000	140	1,87	295	142	32,6	
No Registra	DQO	mg/l	<8	<8	<8	<8	<8	<8	11	<8	<8	<8	
2	DBO5	mg/l	2,03	1,4	1,34	1,5	1,18	1,16	1,2	0,88	1,08	0,64	
No Registra	Fosfatos	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	1,7	0,9	0,1	1,3	1,1	0,2	
10	N-NO3	mg/l	1,1	1,3	1,4	2,3	2,1	1,1	1,2	2,5	2,5	2,4	
100	Color	HAZEN	7	11	6	168	775	160	8	323	173	42	
1000	STD	mg/l	14,6	15,4	11,1	10,1	10,5	10,7	10,9	8	10,9	11	
No registra	Sólidos totales	mg/l	65	98	20	128	825	133	31	245	156	64	
0,05	Arsénico	mg/l	0,0004	0,0003	0,0005	0,0002	0,0008	<0,0002	<0,0002	0,0005	0,0005	0,0006	
0,2	Aluminio	mg/l	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	
0,001	Mercurio	mg/l	0,0014	0,0012	0,0005	0,0011	0,0014	0,001	0,0018	0,0037	0,001	0,0011	
0,3	Hierro	mg/l	0,21	0,27	0,43	0,73	6,13	0,93	0,17	1,46	0,61	0,48	
0,01	Cadmio	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
1	Cobre	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
0,1	Manganeso	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,08	<0,04	<0,04	0,06	<0,04	<0,04	
5	Zinc	mg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
No Registra	Boro	mg/l	0,1	0,1	0,3	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,10	<0,1	
600	Coliformes Fecales	(nmp/100 ml)	4,5	11	4,5	<1,8	70	23	7,8	23	23	23	
0,01	Organoclorados	(mg/l)	NM	NM	NM	<0,00002	NM	NM	NM	<0,00002	<0,00002	<0,00002	
0,1	Organofosforados	(mg/l)	NM	NM	NM	<0,00002	NM	NM	NM	<0,00002	<0,00002	<0,00002	

Tabla III: Resultados Calidad de Agua. Fuente SENAGUA 24 de Junio del 2012.

Parametro	LMP	Santiago-Playa de Oro	Santiago-Selva alegre	Santiago-Pte maldonado	Rio Santiago Bogota-Concepcion	Bogota-San Francisco	Bogota Santiago-Concepcion	Estero Maria-Zabaleta	Estero Maria-San Agustin	Est Maria Santiago	Rio Palabi-Ricaurte	Wiml Wiml
ph		6,4	6,5	6,8	6,5	6,8	6,5	6,4	6,8	6,8	6,9	
Aluminio %		2,5	3	3,2	4,3	4,1	4,1	3,1	2,5	3,6	4,1	
Antimonio		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Arsenico	5	16	12	13	11	7,1	7,4	9,7	9,3	13	6,2	
Azufre %		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	
Bario	200	49	100	160	230	390	330	160	190	190	460	
Boro	1	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	
Cadmio	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,2	0,3	0,2	
Calcio %		0,81	0,6	0,51	0,26	0,37	0,34	0,08	0,23	0,47	0,24	
Cobalto	10	12	13	13	15	13	12	6,2	11	13	7,8	
Cobre	30	44	53	47	62	40	27	20	20	49	19	
Cromo	20	19	31	29	34	37	44	25	18	28	66	
Fosforo%		0,036	0,037	0,031	0,044	0,037	0,032	0,012	0,04	0,038	0,024	
Hierro %		3	2,9	3,5	3,2	2,2	2,9	2,9	2,2	3,1	1,9	
Magnesio %		1,1	1,1	0,93	0,96	0,68	0,42	0,11	0,21	0,8	0,23	
Manganeso		490	310	450	390	320	380	210	510	510	110	
Mercurio	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Niquel	20	12	15	14	15	17	19	6,1	6,4	13	24	
Plata		0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
Plomo	25	1,7	2,9	3,7	5,2	5,1	6,8	8	12	4,3	7,7	
Potasio		0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,02	0,05	0,06	0,04	
Selenio	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Sodio		0,05	0,04	0,3	0,02	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,01	
Vanadio	25	90	110	120	110	110	97	120	73	100	65	
Zinc	60	38	46	47	41	45	51	14	37	48	43	

Tabla IV: Resultados calidad ambiental de sedimentos en 15 localidades de la Campaña de Mayo del 2011 Fuente: MAE.





	ESTERO MARIA AJ ESTERO SABALETÁ	ESTERO MARIA- SAN AGUSTIN	RIO SANTIAGO AJ RIO CAYAPAS BORBON	RIO ZAPALLITO- JUAN MONTALVO
	24,4	31	21,9	46,7
	6,67	6,28	6,79	6,07
	26,5	26,3	28,6	27,8
	28	28	26	32
	6,91	5,78	5,36	7,98
	123,5	102,2	93,1	102
	140	199	29,7	326
	10	9	8	15
	1,36	1,12	1,36	1,58
	1,2	1,5	0,3	1,2
	2,4	1,7	2,2	2,4
	237	296	41	179
	11,1	14,3	10	21,9
	181	252	66	105
	0,0002	0,0003	0,0004	0,0011
	<0,40	1,08	<0,40	<0,40
	0,0004	0,0005	0,0006	0,0034
	1,38	1,64	0,43	3,33
	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
	23	7,8	11	79
	NM	NM	NM	NM
	NM	NM	NM	NM

Wimbi- Wimbi	Rio Cachavi- San Javier	Tululbi	Bogota Tululbi-La Boca	Tululbi Bogota-La Boca
	6,6	6,7	6,6	6,7
	2,8	5,1	2,2	3,7
	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	9,3	9,1	5,3	6,4
	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
	120	430	120	260
	<20	<20	<20	<20
	<0,1	0,2	0,1	0,1
	0,3	0,33	0,5	0,42
	8,3	12	8,4	11
	19	40	17	22
	19	37	33	41
	0,013	0,036	0,014	0,02
	2,3	2,6	2,1	2,5
	0,33	0,67	0,33	0,43
	260	360	290	310
	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	7,3	16	14	18
	0,1	0,2	<0,1	0,1
	3,5	8,1	2,3	4,5
	0,04	0,07	0,03	0,04
	<1	<1	<1	<1
	<0,01	0,02	0,01	0,02
	65	120	81	89
	31	42	29	36

Orden	Familia	Especie	Núm.	Porcentaje	
CHARACIFORMES	Curimatidae	<i>Pseudocurimata lineopunctata</i>	7	2,2	
	Characidae	<i>Bryconamericus cf. peruianus</i>	1	0,3	
		<i>Brycon cf. Alburnus</i>	13	4,1	
		<i>Astyanax ruberrinus</i>	201	64,0	
		<i>Roeboides occidentalis</i>	6	1,9	
	Erythrinidae	<i>Hoplias malaaricus</i>	2	0,6	
SILURIFORMES	Loricaridae	<i>Pimelodella sp</i>	12	3,8	
		<i>Rhandia cf. quelen</i>	1	0,3	
	Pimelodidae	<i>Rineloricaria jubata</i>	9	2,9	
		<i>Sturisoma panamense</i>	3	1,0	
		<i>Chaetostoma marginatum</i>	19	6,1	
		<i>Hypostomus sp</i>	4	1,3	
BELONIFORMES	Belonidae	<i>Strongylura fluviatilis</i>	2	0,6	
PERCIFORMES	Ciclidae	<i>Andinacara rivulatus</i>	9	2,9	
	Gobiidae	<i>Awaous banana</i>	6	1,9	
		<i>Eleotris picta</i>	1	0,3	
		<i>Gobiomorus maculatus</i>	12	3,8	
		<i>Hemieleotris latifasciata</i>	4	1,3	
		<i>Sicydium sp</i>	2	0,6	
	4	8	19	314	100

Tabla V: Especies de peces encontradas en 10 cursos de agua durante la primera semana de Mayo del 2011. Fuente: CID PUCSE.

Rio-Sector	Especies (S)	% de especies	Individuos (N)	% de individuos	H'	Nivel de diversidad
Bogota-Valle de la Virgen	5	26,3	10	3,2	1,5	Baja
Bogota-San Francisco	8	42,1	15	4,8	1,8	Baja
Wimbi-Wimbi	8	42,1	20	6,4	1,8	Media
Punto limpio Wimbi	4	21,1	5	1,6	1,3	Baja
Santiago-Concepcion	5	26,3	9	2,9	1,5	Baja
Cachavi-San Javier	6	31,6	72	22,9	0,9	Baja
Bogota Tululbi-La Boca	9	47,9	43	13,7	1,6	Media
Santiago-Playa de Oro	6	31,6	30	9,6	1,1	Baja
Santiago-Selve Alegre	4	21,1	57	18,2	0,7	Baja
Estero Maria- San Agustín	8	42,1	53	16,9	1,2	Baja

Tabla VI: Índices de Diversidad de Peces en los 10 cursos de agua analizados. Fuente CID PUCSE.





Al ingresar todos los datos de todas las localidades donde se encontró un total de 19 especies con una captura total se obtiene un índice de diversidad de tan solo se encontraron 2 especies de crustáceos decápodos en los 2 cuerpos de agua analizados, conocidas localmente como minchillas que corresponden a las especies *Macrobrachium tenellum* y *Macrobrachium rathbunae* (figura 11) capturándose 153 de estos ejemplares con 151 ejemplares de la primera especie que represento el 98.69% y tan solo 2 ejemplares de la segunda especie que represento el 1.31%. La diversidad de crustáceos ascendió a $H' = 0.069$. Los Niveles de Bioacumulación encontradas se observan en la Tabla VII. Bioacumulación en Peces, Minchillas y Bivalvos del genero *Anadara*.

DISCUSIÓN.

En función de los criterios de uso de agua superficial establecidos en el Libro VI del TULAS, la mayoría



Figura 7: *Bryconamericus cf. Peruanus* (Dica).



Figura 8: *Chaetostoma marginatum* (Guaña).



Figura 9: *Pimelodella sp* (Barbudo).



Figura 10: *Gobiomorus latifasciata* (cagua).

de los cursos de agua analizados por SENAGUA, MAE y CID PUCESE de los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo no debería ser consumida o utilizada domésticamente por las personas, estaría afectando la preservación de flora y fauna, estaría inutilizada para usos agrícolas y pecuarios y estaría restringida para ser utilizada recreacionalmente. W Situación compleja para un territorio donde sus comunidades ribereñas dependen de estos cuerpos de agua para la mayoría de sus actividades.

El equipo CID PUCESE estima que los impactos ambientales y sanitarios de la minería ilegal supera los 70.000 habitantes afectados en el norte de Esmeraldas como se observa en la Figura 12 donde se ha categorizado a la población del norte de Esmeraldas en población afectada, población que no ha recibido impactos y población beneficiada por la minería ilegal en función de datos del censo de población y vivienda 2010.

Los resultados de la campaña de muestreo conjunto SENAGUA MAE CID PUCESE fueron utilizados como argumentos técnicos que derivaron en acciones de control por parte del estado ecuatoriano que luego de agotar esfuerzos de dialogo con mineros ilegales una intervención militar donde se detonan 63 retroexcavadoras el día 26 de Mayo del 2011, deteniendo temporalmente la minería ilegal donde a simple vista se evidenciaba una mejora de la condición física de los cuerpos de agua afectados por la minería.

Los análisis de calidad de agua denotan alteraciones que constituyen una fotografía instantánea del nivel de actividad minera en las inmediaciones de un curso de agua, los datos proporcionados por SENAGUA acusan que se superan los límites máximos



Figura 11: *Macrobrachium tenellum* (inferior) y *Macrobrachium rathbunae*.





Análisis en Biota		Parámetros analizados			
Río-Localidad	Especie	Mercurio	Arsenico	Aluminio	PCBs
Santiago Playa de Oro	Chala	<0,1	0,2	515	<1,5
Santiago Selva Alegre	Chalas	<0,1	0,1	17	
Bogota-Valle de la Virgen	Guañas	<0,1	0,3	2895	
Bogota San Francisco	Minchilla	<0,1	0,1	185	
Bogota Tululbi	Viejas azules	<0,1	<0,1	165	<1,5
Santiago-Concepcion	Cagua	<0,1	0,5	15	
Wimbi-Wimbi	Chalas	<0,1	0,1	275	
Punto limpio-Wimbi	Chalas	<0,1	0,1	25	
Cachavi-San Javier	Cherre	0,2	0,1	4,6	<1,5
Estero Maria San Agustin	Chalas	<0,1	0,1	255	
Manglar Tambillo	Conchas	<0,1	1,9	6,2	<1,5
Manglar Palma Real	Conchas	<0,1	2,9	8,2	

Tabla VII: Resultados de Bioacumulación de As, Hg, Al y PCBs en muestras derivadas a laboratorio.

como el caso del río Santiago con el mayor caudal de la zona y con la presencia de numerosos rápidos diluyendo los efluentes mineros de sus márgenes y no supera los 100 NTUs establecidos como límite máximo permisible para agua que requiere tratamiento convencional a pesar de ir aumentando su turbidez al aproximarse a la costa luego de recibir en Concepción los aportes de los ríos Bogotá, Tululbí, Cachaví y Wimbi donde se practica minería.

Si bien es cierto que la escorrentía de lluvias disminuye la transparencia de los mismos, no llega a los niveles de turbidez observada en las inmediaciones de frentes mineros, además los muestreos fueron realizados durante un mes que tuvo una muy baja pluviosidad tal como se observa en la figura 13 que muestra los niveles registrados de pluviosidad para Junio del 2011 en la estación de registro meteorológico del INOCAR en San Lorenzo.

Los metales pesados son mutagénicos y teratógenos, es decir tienen la capacidad de alterar el ADN de personas y de transferirse de la madre embarazada al feto, asociándose con enfermedades degenerativas y aumentando el riesgo de malformaciones congénitas.

permisibles de Turbidez y color del agua que concuerdan con la presencia de mineras en los ríos Tululbí, Zapallito, Cachaví, Estero María y Bogotá en orden decreciente de valores de turbidez.

Evidentemente el caudal del curso receptor y el volumen de efluentes mineros influyen en la dilución de lodos y sedimentos y por ende condicionaran los niveles de turbidez

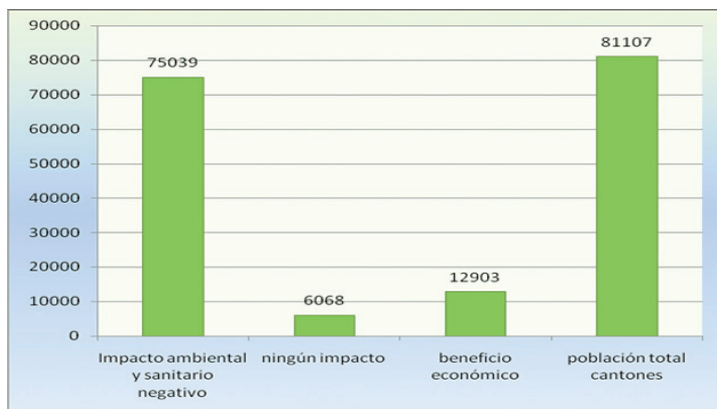


Figura 12: Población afectada y beneficiada por la minería aurífera ilegal.

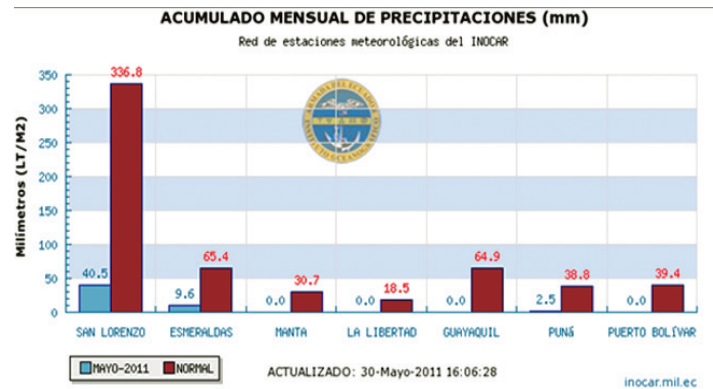


Figura 13: Pluviosidad en estaciones meteorológicas de la costa del Ecuador en el mes de Junio del 2011. Tomado de www.inocar.mil.ec





Los alarmantes niveles de mercurio presentados por SENAGUA resultan cuestionables en algunas estaciones de muestreo donde se sabe la no existencia de minería ilegal como es el caso del río Santiago en la localidad Playa de Oro, este metal asociado a malas prácticas mineras mostró su mayor concentración en los ríos Cachaví y Zapallito. Del mismo modo los análisis practicados acusan que se superan los LMP de Hierro en 11 de los 14 cursos analizados. La interpretación de los niveles de Aluminio y Cadmio no son concluyentes, ya que la sensibilidad de los equipos empleados no permiten observar si se superan los LMP pues el límite de detección mínima o sensibilidad del equipo empleado es superior a la norma establecida (<0,40 mg/l para Aluminio, el doble del LMP de 0,2 mg/l y <0,02 mg/l para Cadmio con una LMP de 0,01mg/l) La composición de sedimentos analizados por el MAE arrojan que bajo los suelos del norte de Esmeraldas reposan metales que no deberían llegar al agua, cuestionándose el hecho de que exclusivamente el Mercurio afectaría la calidad de agua, ya que en las 15 muestras analizadas superaron los LMP de Arsénico y Vanadio y se observa que en sectores como el río Santiago en el sector de Concepción se observan altos niveles de Bario, Cobre, Cromo y Cobalto al igual que el río Cachaví, Zapallito que además supera el límite máximo permitido de Níquel. Se observan además altos niveles de Bario, Cromo y Zinc en sedimentos del río Palabí, en el cual no se practica minería.

Los sedimentos de todas las muestras analizados muestran un pH ligeramente ácido y altas cantidades de Aluminio, Hierro que se registran en composiciones porcentuales del total de las muestras analizadas y en tercer lugar de Manganeseo metales que como se observa en la Tabla IV no poseen LMP,



Figura 14: *Strongylura fluviatilis* (Cherre).



Figura 15: *Hoplias malabaricus* (Guanchiche).



Figura 16: Especies de guaña y dica (*Astyanax ruberrimus*) con presencia de tumoraciones externas.

donde el Al y el Fe han sido observados superando los LMP de calidad de agua. Ahora bien la solubilidad de los mismos dependerá de las características físicas de los efluentes y del cuerpo de agua receptor, sin embargo los valores observados nos alertan que el agregar grandes volúmenes de material proveniente de suelos a cursos de agua elevará la concentración de metales que dichos suelos contengan siendo junto a la turbidez uno de los principales impactos de la minería aurífera ilegal que lava grandes volúmenes de suelo, licuándolos y estos por escorrentía terminan contaminando cursos de agua.

La turbidez desequilibra las comunidades de peces y crustáceos, al no poder ser vistos por predadores visuales, los peces pequeños como las chalas no disminuyen sus poblaciones pues sus consumidores de prelación visual disminuyen su eficacia de

detección, constituyéndose la turbidez en un refugio espacial ante la predación, afectando a este tipo de predadores como el Cherre *Strongylura fluviatilis* y el Guanchiche *Hoplias malabaricus* capturándose solo 2 ejemplares de cada especie en los 10 cursos de agua analizados que se observan en las figuras 14 y 15 respectivamente.

No obstante existen peces que no disminuyen mayormente su eficacia predadora con la turbidez como los bagres micuros pequeños predadores adaptados a aguas turbias. Además la turbidez produce otra perturbación al limitar el ingreso de luz al agua; la fuente de energía responsable de sostener el primer nivel trófico correspondiente a seres fotosintéticos como plantas algas filamentosas y comunidad fitoplanctónica principalmente bentónica de los cuales dependerán peces ramoneadores, es decir que chupan las piedras alimentándose de la película verde y algas filamentosas provoca que dichos peces como las guaños, babosos, palo secos, mantequeros y ñemes con bocas adaptadas a este tipo de alimentación desarrollando ventosas o grandes labios, estos peces se ven obligados a consumir sedimentos depositados sobre las rocas de los cuales podrán aprovechar su fracción de materia orgánica a costo de disminuir su población e ingerir los metales contenidos en sedimentos, de este modo observamos el mayor nivel de Aluminio en una guaña con 2895 mg/Kg obtenido en el Valle de la Virgen del sector del alto Bogotá donde la actividad minera ha sido muy intensa y donde el río se observa café.

Cabe destacar que la guaña constituye el recurso pesquero de mayor accesibilidad para las comunidades del norte pues pueden atraparse con la mano hurgando bajo las piedras, recurriendo





continuamente sus habitantes a esta fuente de proteínas. Si bien es cierto, en este momento es muy difícil atribuir un efecto directo entre la minería y problemas de malformación fisiológica o peor aún genética, si llama mucho la atención la relativa facilidad con la que se pueden encontrar individuos con tumoraciones externas (figura 16). Esto es algo que definitivamente se deberá investigar con más profundidad.

La ingesta de sedimentos en peces ramoneadores y omnívoros permite la bioacumulación de metales que se irán magnificando hacia niveles tróficos superior encontrándose tanto Arsénico (0,5 mg/Kg) en una Cagua de Concepción y Mercurio (0.2 mg/Kg) en un Cherre del rio Cachaví en la localidad de San Javier, siendo estas especies consumidas por el hombre. Es evidente la afectación en la diversidad de comunidades icticas, al disminuirse especies que deben migrar en busca de mejores aguas y por ende mayores probabilidades de alimentación, observándose que 8 de 10 cursos de agua analizados muestran niveles de H' inferiores a 1.5.

No existe normativa para restringir el consumo de peces crustáceos y moluscos

con respecto al nivel de metales contenidos en los mismos en el territorio nacional, sin embargo al analizar la normativa de acceso a mercados que se observa en la **Tabla VII**, donde observamos que los LMP son superiores a los encontrados en el presente estudio pero que responden a presiones de mercado y no exclusivamente a criterios médicos, sin embargo las conchas de manglares del norte de Esmeraldas en función de aquellas directrices no podrían ser consumidas y hace falta de más estudios para observar si sus altos niveles de Arsénico tendrían vinculación con la minería. Ahora bien en el estado de Colorado en USA se ocupa el criterio "Water plus fish" en el cual la normativa existente para LMP de agua de consumo humano se transfiere a peces del mismo curso de agua, cambiando las unidades de mg/l a mg/Kg, si aplicáramos este concepto adaptándolo a la normativa ecuatoriana, la mayoría de peces del norte de Esmeraldas no podrían consumirse.

CONCLUSIONES.

Es inobjetable que la minería aurífera afecta la calidad de agua de cursos de agua cercanos a frentes mineros que remuevan y laven grandes volúmenes

de suelos que por escorrentía lleguen al agua, siendo la turbidez el síntoma más claro de esta actividad en el mes de Junio del 2011 de acuerdo a los presentes análisis. Al observar la baja pluviosidad de aquel mes por lo que se atribuye totalmente estos efectos a la actividad minera.

Se requiere de un monitoreo continuo de años para observar cómo evolucionan los niveles de metales en sedimentos y principalmente biota, empleándose los mismos equipamientos de laboratorio para evitar errores sistemáticos.

Es imprescindible la realización de un estudio epidemiológico sobre la acumulación de metales en personas del norte de Esmeraldas que permita a autoridades responsables estar preparados ante las posibles consecuencias de la exposición prolongada a los mismos. ■

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el valioso aporte de los voluntarios estudiantes de Antropología, de la Universidad de Chile Daniela Carvajal y Joaquín Ossandon, quienes mostraron un desinteresado interés durante el presente estudio.

Normativas analizadas						Resultados Análisis de laboratorio			
Metal	unidad	Marco legal	Pescados	Crustáceos	Moluscos	Guaña Valle de la Virgen	Cagua Concepción	Cherre Cachavi	Concha Palma Real
Mercurio	mg/Kg*	UE	1	0,5	0,5	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Mercurio	mg/Kg* (mediana)	Australia y Nueva Zelanda	0,5	0,5	0,5	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Mercurio	mg/Kg	Chile	0,5	1	0,5	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Arsénico	mg/Kg*	Food standards 2005 Australia Nueva Zelanda	2	1	2	0,3	0,5	0,1	2,9
Arsénico	ppm	Hong Kong	1,4	1,4	1,4	0,3	0,5	0,1	2,9
Arsenico	mg/Kg	Chile	1	2	2	0,3	0,5	0,1	2,9

mg/kg* = miligramos por kilogramo de animal fresco, equivalente a partes por millón.

Tabla VII: Análisis de normativas internacionales para el consumo de pescados y mariscos. Elaboración CID PUCESE.





* Docentes del Escuela de Gestión Ambiental -PUCESE

¹ Programa de Reparación ambiental y social del Ministerio del Ambiente

² Mercurio

³ Buceo semi autónomo

⁴ Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.

⁵ Que incluyen hábitats acuáticos de aguas corrientes como ríos, riachuelos y quebradas desprovistos de vegetación acuática emergente.

⁶ Bajo esta denominación se incluyen hábitat como humedal, pantanos, lagos, lagunas, es decir cuerpos de agua y por lo general con vegetación acuática emergente

⁷ Captura por unidad de esfuerzo

⁸ Bifenilos policlorados

⁹ Organismo de acreditación ecuatoriano

¹⁰ Espectrofotometría de absorción atómica

REFERENCIAS

- [1] P. Jiménez, Rebolledo E., Lapierre M., Ossandon J., Carvajal D., Estupiñán E., Macías A. y Rodríguez J. (2011). *Análisis de los impactos y conflictos provenientes de la actividad aurífera en la zona norte de la provincia de Esmeraldas para la construcción de paz en las comunidades afectadas*. Centro de Investigación y Desarrollo Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas.
- [2] Programa de Reparación Ambiental y social del Ministerio del Ambiente y Centro de Investigación y Desarrollo Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, (2011). *Informe de Valoración de pasivos socio ambientales vinculados a la actividad minera ilegal en el norte de Esmeraldas*. Esmeraldas
- [3] MINAM. Proceso Minero Informal. Recurso Web: [http://www.minam.gob.pe/mn_ilegal/index.php?view=article&catid=36%3Aizquierdamn-ilegal&id=58%3Aproceso-minero-informal&format=pdf&option=com_content&Itemid=75]. Actualizado al 7/2/2011.
- [4] Roldan, G. (2003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 170 pp
- [5] Soto, M. (2001). *Biodisponibilidad de Metales Pesados (Cd, Cu y Pb) en Sedimentos Marinos Superficiales Procedentes de las Principales Zonas Ostrícolas del Estado de Sonora*. Tesis, Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Sonora. Spectrometry (ICP-EAS). Fresenius. Anal. Chem. 348, 390-395
- [6] Azevedo, H.; Monken, H.; Melo, V. (1988). *Study of Heavy Metal Pollution in the Tributary Rivers of the Jacarepagua Lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil, Through Sediment Analysis*. En: U. Seeliger, L. De Lacerda, S. Patchineelam (Eds) *Metals in Coastal Environments of Latin America*: 21 – 29.
- [7] Salomons, W., Kerdijk, H., Van Pagee, H., Klomp, R. and Schreur, A. (1988). *Behavior and Impact Assessment of Heavy Metals in Estuarine and Coastal Zones*. En: U. Seeliger, L. De Lacerda, S. Patchineelam (Eds) *Metals in Coastal Environments of Latin America*: 157 – 198.
- [8] Loaban CS, PJ Harrison & MJ Ducan. (1985), *The Physiological Ecology of Seaweeds*. Cambridge University Press. London.
- [9] White, S. L. and Rainbow, P. S. (1987). *Heavy metal concentration and size effects in the mesopelagic decapods crustacean Systellaspis debilis*, Mar. Ecol. Prog. Ser. 37: 147.
- [10] Sharp GJ, Samant & OC Vaidya (1988). *Selected metal levels of commercially valuable seaweeds adjacent to and distant from point sources of contamination in Nova Scotia and New Brunswick*. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 40: 724 – 730.
- [11] Diaz O. (1993). *Tagelus dombeii como organismo indicador de la calidad del agua marina en la zona costera de la bahía San Vicente (VIII Región, Chile) y del riesgo de contaminación por mercurio y metilmercurio de origen antrópico*. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Centro EULA Chile. Universidad de Concepción, Chile.
- [12] Blasco, J., Sáenz, V., Arias, A.M., Gonzales- Pascual, R., Campana, O., Ransome, T., Moreno-Garrido, I. y Hampel, M. (2003). *Efecto del accidente minero sobre los organismos residentes en el estuario del Guadalquivir y en las zonas de la plataforma próxima a la desembocadura*. En: J. Forja y A. Gómez-Parra (eds.), *Contaminación por Metales Pesados del Estuario de Guadalquivir*. Servicio Publicaciones Universidad de Cádiz, España, pp. 165-203.
- [13] Hight S. and M. Corcoran (1987). *Rapid determination of methylmercury in fish and shellfish*. *Method development Journal Association Official Analytical Chemistry*, 70 (1): 24 – 30.
- [14] The Royal Society. (1979). *The Effects of Marine Pollution Some Research Needs. A Memorandum*: 5 – 78.
- [15] Riisgard HU, T Kiorbe, F Mohlenberg, I Draback and P Pheiffer Madsen. (1985). *Accumulation, elimination and chemical speciation of mercury in the bivalves Mytilus edulis and Macoma balthica* *Marine Biology*, 86 : 55 -62.
- [16] Phillips D.J.H. (1990). *Use of macroalgae and invertebrates as monitors of metals level in estuaries and coastal waters*. In R.W. Furness and P.S. Rainbow (Eds). *Heavy metals in the Marine Environment* : 81 – 99. CRC press, Florida.
- [17] Minganti v, R. Capelli and R. de Pelligrini (1990). *The presence of inorganic and organic mercury and selenium in Nephrops norvegicum from the Ligurian Sea*. *The Science of Total Environment*, 95: 53 – 60
- [18] Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- [19] Magurran, A. 1989. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona, España. 189pp
- [20] Barriga, R. 1994. *Los peces como indicadores*. *Acción Ecológica. Revista Politécnica*. 2:46-48.
- [21] Sobrevila, C. y P. Bath. 1992. *Evaluación Ecológica Rápida*. Programa de ciencias para América Latina. The Nature Conservancy.





A FLOR DE PIEL EL VIAJE DE CHARITO

Por Víctor Corozo

Carlos, un salvadoreño de treinta y cinco años y que convive con Charito desde hace tiempo, llegó tarde y algo cansado esa noche, ¿cuándo le dirás a tu marido de lo nuestro? preguntó; no es tan fácil Carlos, las guaguas aún son muy chiquitas, no lo entenderán. Manuel no me preocupa, pero si mis hijas, él es un hombre guapo e inteligente, no tendrá problemas para rehacer su vida. Un largo silencio se apodera de la habitación, mientras tanto en la cabeza de Charito, como en un torbellino, se acumulan los recuerdos...

Esto se ha vuelto insoportable, ya no hay plata que alcance, maldice Charito al tiempo que saca de la funda un poco de compras, siguen subiendo los precios y Manuel sigue ganando lo mismo desde hace años. Como cada día, Charito hizo el milagro de cocinar con poco y alcanzar para todos; las niñas, una de ocho meses de nacida y la mayor de dos años, Manuel y la madre de Manuel, doña Carmita, cinco bocas en total. Manuel llegó a la noche y comentó algunos de los males del día de trabajo, Charito la escuchó mientras le recalentaba la comida. Ella únicamente podía ver al frente suyo a un hombre entregado a la familia, del que estaba profundamente enamorada y por el que había tenido que sacrificar oportunidades de trabajo, incluso en su tiempo, de mejores "partidos". Esa noche, Manuel entre mal humorado, cansado y excitado tomó a Charito como lo hacía desde siempre, tierno, metódico, tradicional pero fugaz. Esa noche no habría sido diferente para Charito, si Manuel no le habría confesado durante la cena que renunciaría al trabajo, esa vez pudo sentir una penetración distante, llena de incertidumbres y temores compartidos, acompañado del complemento perfecto, su primer orgasmo fingido. A partir de ese día la idea de viajar a Europa ya no le era distante, las compras eran cada vez más paupérrimas y las relaciones más frías y fugaces. Después de casi seis meses de cesantía y continuas discusiones, tomaron la decisión de que Charito viajaría para España, no más allá de un año, tiempo suficiente como para que Manuel encuentre trabajo, ella mande un mensual y se logre ahorrar un dinero para montar un pequeño negocio.

Todo estaba listo, ella llegaría donde una vecina, amiga de la infancia y tendría oportunidad de trabajar como doméstica en una familia adinerada de Madrid. La noche previa al viaje Manuel tomó por última vez a Charito, fue tierno, metódico, tradicional, pero intentó ser menos fugaz; Charito tomó a Manuel y logró un orgasmo, con el placer de las primeras veces, pero con la emoción que confrontaba el amor, lo incierto de la ausencia y la certeza de su pronto retorno. A penas puso un pie en la aeronave, símbolo del país al que viajaría, pudo sentir por primera vez el desarraigo de un migrante, cuando una "achafata" de avión, por cuyo comportamiento y descortesía que reflejaba problemas de liquidez en la aerolínea, la sentó bruscamente y la hizo sentir ignorante al no saber cómo abrocharse el cinturón de seguridad. El resto del viaje no fue diferente, todas las "meseras" del avión parecían entender que muchos de los viajeros eran también migrantes, las risitas hipócritas y comentarios entre dientes fueron la tónica acompañante del llanto prolongado de Charito durante todas esas las largas horas de viaje. Al llegar a Madrid la vecina nunca apareció, como contaba con la dirección pudo llegar a la calle señalada, la recibió una de las cuatro compañeras de habitación con quien debía compartir 20m² en pleno centro de la ciudad, en el último piso de un edificio muy antiguo; quien además supo explicarle que su permanencia debía ser muy corta, tomando en cuenta aquellas circunstancias. Por suerte para Charito, lo del trabajo no era del todo irreal, trabajo si tuvo, aunque no en familia adinerada y menos aún, de forma permanente. Pasó casi un año de esa manera, era muy poco lo que podía mandar a Ecuador y las noticias de Manuel no eran alentadoras. Su círculo de amistades se centró en unos cuantos "conocidos", incluyendo a su vecina a la que veía muy poco desde hace meses.

Poco a poco esa soledad llevó a Charito a frecuentar los bares de latinos, lugares que se convirtieron en pequeños refugios para ahogar destierros compartidos; lugares donde, poco a poco, se pretendía ocultar todo el dolor tras un manto de placeres temporales, donde muchas veces se daba el inicio a nuevas relaciones, casi todas conservadas en esas mismas tierras. Fue precisamente ahí donde conoció a Carlos, un muchacho algo menor a ella, pero con la madurez que solo pudo hallar en Manuel; aunque nunca quiso compararlo le era inevitable encontrar en él a Manuel.

Los asuntos económicos, realmente no han variado mucho, Manuel ya tiene trabajo desde hace algunos años; Charito sigue mandando una pensión, que no siempre es mensual y que ha permitido ayudar en la educación de las niñas, eso sí en una buena institución privada, encima la salud de doña Carmita es delicada. La familia se ha acostumbrado a esta rutina, Manuel jura y re-jura que no tiene otra mujer y por su lado Charito hace lo mismo; han pasado ocho años ya desde su viaje.

... Carlos toma el plato de comida que le sirve Charito y el silencio continúa. Esa noche, Carlos entre mal humorado, cansado y excitado tomó a Charito como lo hacía desde siempre, tierno, metódico, tradicional y desde hace poco también fugaz.





EVOLUCIONA

