

Descripción socioambiental y análisis de las fuentes de agua de la Microcuenca La Jabonera (Estelí, Nicaragua).

Autores: Elisa Miquel Riera, Narcís Puigdevall Grau, Raquel Rodríguez Martínez, Núria Torrents Muñoz
Tutor: Martí Boada Juncà.
Universitat Autònoma de Barcelona, 2011

Palabras clave. ***Microcuenca, fuentes de agua, gestión integrada***

Resumen. El objetivo principal de este proyecto es la caracterización de la Microcuenca la Jabonera (Estelí, Nicaragua) enfatizando el agua como factor clave que conecta todos los elementos que interaccionan en la Mircocuenca y que, además delimita el área de estudio. El trabajo de campo ha consistido básicamente en la georreferenciación de los puntos de interés, la realización de encuestas a la población y la evaluación de las fuentes de agua y del agua del río mediante análisis fisicoquímicos. En el procesamiento de la información se ha elaborado cartografía temática mediante la herramienta SIG que ha servido de soporte para la interpretación de los resultados. Las características morfométricas y biofísicas favorecen que el agua precipitada se pierda rápidamente por escorrentía superficial con una tendencia moderada a crecidas e inundaciones. El agua infiltrada circula rápidamente por fracturas del material geológico con tiempos de tránsito cortos, y además, el área de recarga de los nacientes es local por lo que las fuentes son especialmente vulnerables a períodos de sequía y a la contaminación en su entorno cercano. El estudio de usos del suelo junto con la realización de análisis del agua ha permitido determinar que los agroquímicos son la principal fuente potencial de contaminación del agua en la Microcuenca. Los resultados obtenidos muestran la necesidad de llevar a cabo una gestión integrada del territorio que garantice un desarrollo socioambiental sostenible.

Resum. L'objectiu principal d'aquest projecte és la caracterització de la Microconca La Jabonera (Estelí, Nicaragua) enfatitzant l'aigua com a factor clau que connecta tots els elements que interaccionen a la Microconca i que, a més delimita l'àrea d'estudi. El treball de camp ha consistit bàsicament en la georeferenciació dels punts d'interès, la realització d'enquestes a la població i l'avaluació de les fonts d'aigua i de l'aigua del riu mitjançant ànalisis. En el processament de la informació s'ha elaborat cartografia temàtica mitjançant l'eina SIG que ha servit de suport a la interpretació dels resultats. Les característiques morfomètriques i biofísques afavoreixen que l'aigua precipitada es perdi ràpidament per escorrentia superficial amb una tendència moderada a crescudes i inundació. L'aigua infiltrada circula ràpidament per fractures del material geològic amb temps de trànsit curts, i a més, l'àrea de recàrrega dels naixents és local pel que les fonts són especialment vulnerables a períodes de sequera i a la contaminació en el seu entorn proper. L'estudi d'usos del sòl juntament amb la realització d'ànalisis a l'aigua ha permès determinar que els agroquímics són la principal font potencial de contaminació de l'aigua a la Microconca. Els resultats obtinguts mostren la necessitat de dur a terme una gestió integrada del territori que garanteixi un desenvolupament socioambiental sostenible.

Abstract. The main aim of this project is to portray La Jabonera, a microbasin from Estelí, Nicaragua, emphasizing the role of the water as the key connector of all the elements interacting in the microbasin while delimiting the studied area. The field work has basically involved the georeference of the main locations, surveying the population as well as evaluating the water sources and the river water by physicochemical analysis. During the information processing, a SIG-based thematic cartography had been carried out, which it has also been useful to interpret the work results. The morphometric and biophysical characteristics favor the leaking of precipitated water by surface runoff, in a moderate flood trend. The infiltrated water rapidly flows during a brief amount of time through faulted geological material. Furthermore, the recharge area of the springs is local, and so the sources are especially vulnerable to drought periods and nearby pollution. The studies of ground use along with water analysis allowed establishing that the agrochemicals are the main potential water sources pollution in the micro basin. The obtained results show the need to carry out an integrated territory management that guarantees a sustainable socioenvironmental development.

Introducción

La Microcuenca la Jabonera es el área de estudio del presente estudio y se localiza en el extremo sur de la subcuenca del río Estelí que a su vez es tributaria del río Coco, el más largo de Centroamérica. Es en este punto dónde nace el río Estelí que abastece a la ciudad del mismo nombre.

En esta Microcuenca conviven tres comunidades con un total de 986 habitantes, la Almaciguera situada en la parte suroeste, el Despoblado en la parte este y la Estanzuela en la parte noroeste. Esta última comunidad es la más poblada y presenta una densidad de población mayor. Casi la totalidad de la población de las tres comunidades se dedica a actividades agrícolas y ganaderas, interactuando así estrechamente con el medio natural.

La Microcuenca se encuentra dentro de la Reserva Natural Tisey-La Estanzuela por lo que tiene un valor ecológico y natural de especial relevancia. Esta reserva se constituyó en el año 1991.

Dada la presión antrópica presente en este territorio y la necesidad de conservación del patrimonio natural y la calidad ambiental, es de gran importancia realizar un estudio interdisciplinario que genere información útil para la gestión integral del territorio.

Todos los estudios realizados con enfoque de cuencas hidrográficas han sido a nivel de cuenca y subcuenca, por lo que existe poca información en relación a temas sobre microcuenca. Además el Plan de Manejo de la Reserva Natural Tisey-La Estanzuela realizado en 2003 sólo aborda aspectos y características generales del territorio protegido.

Ha sido la falta de estudios específicos de caracterización de cada una de las microcuencas que conforman la subcuenca del río Estelí lo que ha motivado a la realización del presente proyecto.

El presente estudio se ha estructurado en dos bloques: el primero referido a la caracterización de la Microcuenca, describiendo los subsistemas biofísico, morfométrico y socioeconómico; y el segundo centrado en la evaluación de la calidad y disponibilidad del agua de la Microcuenca.

Metodología

En primer lugar se ha enmarcado la zona de estudio y a partir de aquí se han definido los objetivos generales y específicos del presente estudio que han configurado la estructura del proyecto.

En segundo lugar se ha realizado un sondeo de reconocimiento y una familiarización con la Microcuenca con el soporte de una

guía de observación y exploración . Además se han mantenido conversaciones informales con los pobladores con el fin de identificar los principales objetos de interés en el campo. Seguidamente se ha llevado a cabo un grupo focal en cada comunidad de la Microcuenca para dar a conocer los objetivos del presente estudio y facilitar la identificación de los actores claves de las principales comunidades (La Estanzuela, El Despoblado y La Almaciguera). De esta forma se ha obtenido el permiso para acceder a las distintas propiedades privadas y se ha establecido contacto directo con los pobladores.

En tercer lugar se ha llevado a cabo una recopilación de información bibliográfica a partir de libros, artículos, revistas, páginas web y estudios realizados por instituciones, organismos no gubernamentales, universidades y alcaldías.

Seguidamente se ha procedido a la recogida de información en campo. Esta etapa ha consistido en: la georreferenciación de los elementos de interés (límite de la Microcuenca, red hídrica, vías de comunicación y fuentes de agua para consumo humano), la identificación de las fuentes de agua así como sus focos potenciales de contaminación y sus medidas de protección, la realización de encuestas a los pobladores, la realización de análisis fisicoquímicos de las fuentes

de agua y el río, la medición del nivel hidráulico de los pozos identificados, y el aforo del caudal de la pila de captación de la Estanzuela.

Para la georreferenciación se ha utilizado GPS y se han tratado los datos obtenidos mediante SIG para elaborar los mapas del límite y área de la Microcuenca, red hídrica y distribución de las fuentes de agua.

Las encuestas se han realizado a un total de 122 familias, que representan el 57,5 % de los habitantes de la Microcuenca respecto al censo de 2005.

En los análisis fisicoquímicos se han evaluado los parámetros de conductividad, sólidos disueltos, temperatura, pH, alcalinidad, cloruros, fosfatos, oxígeno disuelto, salinidad y presencia de coniformes fecales. Debido a limitaciones económicas y de la disponibilidad de materiales reactivos, para llevar a cabo dichos análisis se han aplicado unos criterios de selección de las fuentes basados en la accesibilidad a la fuente, el número de personas abastecidas, la distribución de las fuentes por comunidad y el tipo de infraestructura existente.

La medición del nivel hidráulico de los pozos se llevó a cabo mediante una cuerda métrica con un peso en el extremo, y el aforo de la pila de captación se ha realizado

contabilizando el tiempo que tarda en llenarse un balde de volumen conocido.

La última etapa metodológica ha consistido en el procesamiento de la información recogida en campo y de fuentes bibliográficas. Además, se han interpretado los resultados de las encuestas, de los análisis de calidad del agua, de los resultados de cantidad y de las fichas de campo. También se han generado todos los mapas mencionados en la etapa anterior además de la realización de un mapa de usos del suelo. Este último, se ha elaborado mediante el análisis de 72 imágenes satelitales de la zona tomadas el 2009 por Google earth. Además, mediante la herramienta SIG se ha desarrollado toda la vertiente de caracterización morfométrica de la Microcuenca como la relación de elongación, el índice de forma, la curva de pendientes media o el orden de las corrientes. En referencia a la información bibliográfica, esta ha servido de marco para interpretar todos los resultados obtenidos en campo y elaborar información del subsistema biofísico como clima, biodiversidad, geología, tipo de suelo y relieve.

distintas variables con el fin de describir los tres subsistemas básicos definidos: el subsistema morfométrico, el subsistema biofísico i el subsistema socioeconómico.

Subsistema morfométrico:

El perímetro de la Microcuenca la Jabonera és de 23,3 km y rodea un área de 2657.2 ha. En general, se trata de un gran elipsoide sesgado en su lado sur oeste debido a la presencia de los cerros Divisadero (1.547 msnm) y Tisey (1.550 msnm) siendo éste último el punto más alto de las cordilleras centrales del país.

El criterio utilizado para identificar el cauce principal ha sido el número de afluentes que recibe. Así pues, gracias a la digitalización de los cauces que conforman la red de drenaje se ha establecido que la longitud del cauce principal es de 8159 m. Si relacionamos dicha variable con el área o con el diámetro del círculo asociado a la Microcuenca, obtendremos una serie de índices que, por si solos, nos darán idea de la elongación de la cuenca que definimos y analizamos a continuación.

Resultados y discusión

Bloque 1: CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA

Para la caracterización de la Microcuenca se han seleccionado

Área y Perímetro de la Microcuenca La Jabonera

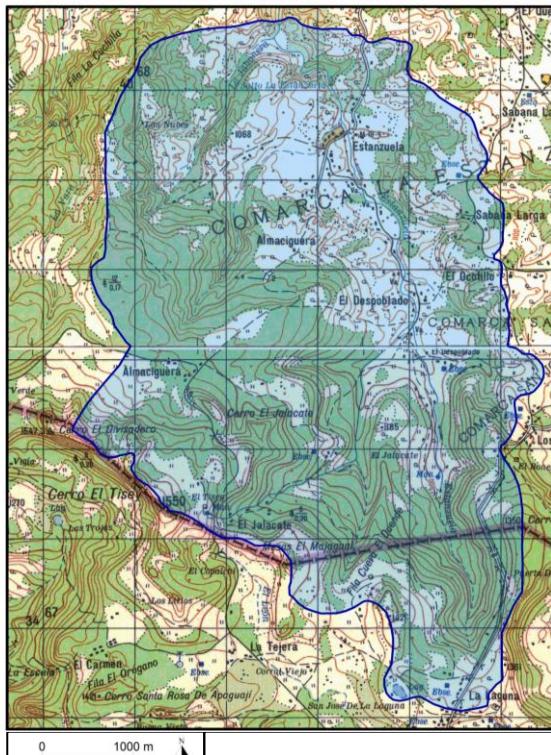


Figura 1: Representación del perímetro y el área de la Microcuenca La Jabonera

Fuente: Elaboración propia mediante Miramon

Se entiende por elongación de una cuenca de drenaje la forma más o menos alargada de la misma, independientemente de las formas redondeadas o lobuladas del perímetro de ésta. Para medir el grado de elongación se ha utilizado el cálculo de la amplitud (W) de la Microcuenca y la relación de elongación (R_e). La amplitud de la cuenca de drenaje nos informa de la superficie de la cuenca por unidad de longitud de la misma:

$$W = A / L = 26,572 \text{ km}^2 / 8,159 \text{ km} = 3,26 \text{ km}$$

La relación de elongación (R_e) relaciona el diámetro del círculo asociado (D) con la longitud de la cuenca (L):

$$R_e = D / L = 5,82 \text{ km} / 8,159 \text{ km} = 0,71$$

Estos resultados indican que la forma de la Microcuenca no es especialmente alargada sino que se trata de una cuenca más bien compacta. Las cuencas más alargadas tienden a una respuesta más difusa, en comparación con la respuesta a tormentas intensas en cuencas compactas. Esto se debe a que la escorrentía que drena todos los límites de una cuenca compacta tiene distancias similares de trayecto desde todos los cuadrantes y llega al colector principal al mismo tiempo. Cuanto más redonda es una cuenca más tarda en llegar la onda de crecida a la desembocadura, pero al mismo tiempo más acusado es el caudal punta.

La forma del contorno de la Microcuenca, se refiere a la más o menos lobulación que ésta pueda presentar, independientemente de que en su conjunto sea alargada o redondeada. El índice de forma (C) compara el perímetro de la cuenca (P) con la longitud o perímetro del círculo asociado y toma la siguiente forma:

$$C = \frac{P}{2(\pi \cdot A)^{1/2}}$$

El resultado obtenido es de 1,28. Este valor indica que nos encontramos ante un contorno más bien liso sin demasiadas lobulaciones, hecho que conlleva una forma oval-redonda que se corresponde con una tendencia media a las crecidas.

El relieve, entendido como la tercera dimensión de una cuenca, es considerado de gran importancia debido a su influencia directa sobre el tipo de drenaje, forma de los canales, velocidad y tipo de escorrentía o el potencial erosivo de las corrientes. Mediante el tratamiento de datos a través de SIG se ha obtenido un modelo digital de elevaciones y una representación del pendiente en el área de estudio. El pendiente promedio calculado es del 22,7%, valor que se asocia a un relieve fuerte. Las cuencas de pendientes fuertes tienen una escorrentía más veloz y sus hidrogramas tienden a responder más rápidamente a la precipitación incrementando los caudales punta. En cuanto a las características de la red hídrica se han contabilizado un total de 48 ríos y quebradas. El estudio del orden de las corrientes ha dado como resultado un orden 4 en la boca de la cuenca. El orden 4 indica que la estructura de la red hídrica está bien definida, y que, al no existir una cobertura vegetal apropiada, se pueden presentar altos niveles de erosión del suelo. Si se calcula la relación de bifurcación para los distintos ordenes

$$R_B = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

Donde:

R_B : Relación de bifurcación

N_i : Número de cauces de orden i

N_{i+1} : Número de cauces de orden $i+1$

se obtiene un valor de 3,66 de media. Esto indica que la forma es bastante redondeada y con riesgo de inundación. En el caso de la Jabonera, se puede observar que la relación de bifurcación no es constante de un orden a otro. Esto indica que no se trata de una cuenca madura, que seguirá actuando la erosión e irán apareciendo nuevos cauces a lo largo del tiempo.

Subsistema biofísico:

La Microcuenca La Jabonera es de vital importancia para la recarga del acuífero que abastece a los habitantes de la ciudad de Estelí. A pesar de que la geología de la Microcuenca tiene propiedades acuíferas desfavorables para la infiltración del agua, presenta un cierto grado de permeabilidad secundaria que contribuye a la recarga de dicho acuífero y al nacimiento de fuentes u ojos de agua debido a la existencia de fracturas o diaclasas (Corrales, 2004).

En cuanto a las características climáticas podemos apreciar una estacionalidad especialmente marcada en cuanto a las precipitaciones entre el período seco y el período de lluvias con valores que oscilan entre los 0,2 mm i los 513 mm mensuales para el año 2010. Las temperaturas, en cambio, se mantienen entre los 19'5 °C y los 24,9 °C, hecho que permite un nivel de ETP relativamente elevado a lo largo del año. Suponiendo una baja capacidad

de infiltración y almacenamiento de agua debido a la naturaleza de los materiales geológicos comentada anteriormente, es de esperar, y así lo corroboran los habitantes de la zona, que la mayor parte del agua precipitada se pierda rápidamente por escorrentía superficial y que se produzcan períodos de déficit hídrico severo durante la estación seca.

Subsistema socioeconómico:

En último censo del año 2005 la Microcuenca tenía 986 habitantes. (INIDE, 2008). La comunidad más poblada es la Estanzuela (45,64% de la población de la Microcuenca) y la menos poblada es la Almaciguera (15,82% de la población).

El 48% de los pobladores de la Jabonera se dedican a la agricultura de los cuales un 83% practica una agricultura convencional, un 8,53% implementa el manejo integrado de plagas (MIP) y el 8,47% restante practica la agricultura orgánica.

Referente al destino final de las cosechas, el 42,37% de las familias que se dedican a la agricultura destinan su producción para el autoconsumo, el 3,38% lo destina para la comercialización y el 35,59% restante lo destina para ambos fines. Los productos que se comercializan principalmente son el maíz, el frijol, la patata, el repollo, la lechuga y la manzanilla, y se comercializan bien el mercado local o nacional.

La digitalización de los usos del suelo ha permitido conocer la superficie y la distribución de las distintas categorías de uso dentro de la Microcuenca. Concretamente se han distinguido un total de siete categorías: asentamientos humanos, campos de cultivo, pastos y otros usos agropecuarios, masa forestal, vías de comunicación, red hídrica y zonas rocosas.

La Microcuenca presenta un carácter

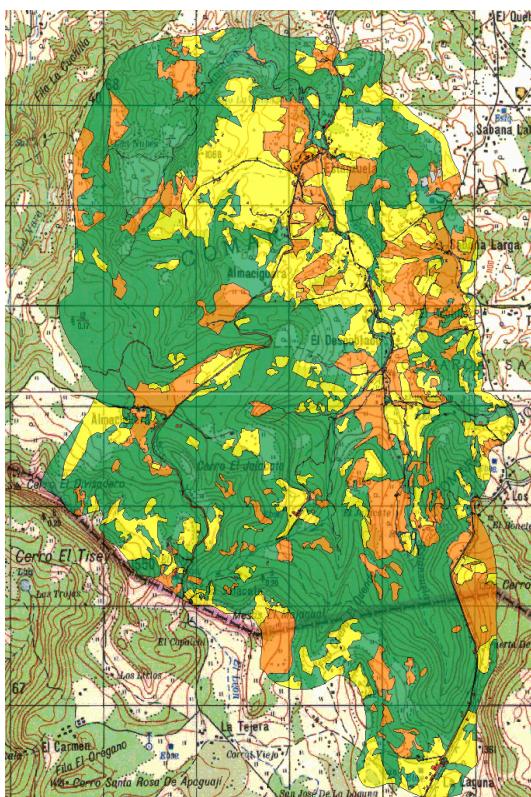


Figura 2: Distribución de los distintos usos del suelo dentro de la Microcuenca La Jabonera.
Fuente: Elaboración propia

fuertemente humanizado ya que la superficie destinada a agricultura y ganadería representa un 39 % del total quedando la masa forestal reducida al 53 %. La agricultura y la ganadería se alternan de manera relativamente homogénea ocupando un 23,05% y un

16,06% de la superficie. La cobertura forestal cubre mayoritariamente la parte sur-oeste de la Microcuenca, que se corresponde con la zona más elevada. Se puede distinguir una gran cantidad de parches distribuidos a lo largo de la zona forestal que corresponden a aprovechamientos agrícolas y ganaderos aislados.

Bloque 2: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA MICROCUENCA

Identificación de las fuentes de agua

Se han inventariado un total de 83 fuentes de agua para consumo humano en la Microcuenca, de las cuales, un 47% se localizan en la comunidad de la Almaciguera, un 17% en el Despoblado y un 36% en la Estanzuela. En la parte alta de la Microcuenca y cerca del parteaguas es dónde se concentra el mayor número de ojos de agua, mientras que cerca de los núcleos de las comunidades es dónde predominan el resto de topologías de fuentes de carácter artificial. Concretamente, la comunidad de la Almaciguera, al encontrarse en la parte alta de la Microcuenca, es dónde predominan los ojos de agua. En cambio, en el Despoblado la fuente más común son los pozos y en la Estanzuela los puestos de agua.

Calidad del agua

Para evaluar la calidad del agua de la Microcuenca se deben tener en cuenta los focos potenciales de contaminación y los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados. Por un lado se ha considerado los efectos de los siguientes indicadores de contaminación de las fuentes de agua naturales:

- Usos de agroquímicos
- Letrinas
- Aguas servidas
- Corrales

El uso de agroquímicos está directamente relacionado con la actividad agrícola. Dado que la superficie agrícola es del 23% y que el 83% de ésta es de tipo convencional, el uso de agroquímicos es un indicador a tener en cuenta en cuanto a los potenciales focos de contaminación. Se ha observado que el 25% de los ojos de agua de la Almaciguera presentan un riesgo potencial de contaminación y en la Estanzuela representa un 37%.

Las letrinas son potenciales focos de contaminación de materia orgánica. Su presencia es notable en toda la Microcuenca dado que están presentes en casi todas las viviendas, esto indica que los pozos serían la fuente de agua más vulnerable ante este indicador. Concretamente en la Estanzuela un 70% de los pozos podrían potencialmente estar afectados

por este indicador ya que es dónde hay una mayor presión antrópica.

En las comunidades viven familias que se dedican al campo con lo que las aguas servidas son aguas de lavado muy diluidas. Por eso, este indicador no será un foco de contaminación relevante.

Se ha observado que el 21% de los ojos de agua y un 37% de los pozos de la Almaciguera podrían verse afectados por el indicador de presencia de corrales.

En la comunidad de la Estanzuela los porcentajes son un poco más elevados siendo del 25% en los ojos de agua y del 50% en pozos ya que hay mayor superficie agropecuaria.

Los resultados obtenidos en campo coinciden con la percepción social averiguada mediante las encuestas. En el Despoblado es dónde hay mayores focos potenciales de contaminación y dónde la percepción es mayor, y la Almaciguera es la comunidad que presenta menos focos potenciales de contaminación coincidiendo con que hay menos percepción de estos.

Por otro lado respecto los parámetros de calidad de agua se ha obtenido lo siguiente:

Taula 1: Parámetros físicos de calidad del agua del río Estelí

	Conductividad (microS/cm)	PH	Sólidos Totales (ppm)	Temperatura (°C)	Fosfatos	Colibacilos
Parte Alta	121,3	7,7	83,4	16,2	0,6	NO
Parte Media	185,6	7,77	134	19,77	1	NO
Parte Baja	209	8,06	135	18,1	0,8	NO

Normes CAPRE	Valor Recomendado	400		1000	18 - 30		
	Valor Máximo admisible						
	Kit Test HANNA				0 - 5		

Fuente: Elaboración propia a partir de los análisis realizados por los proyectistas en diciembre 2010

Taula 2: Parámetros físicos de calidad de las fuentes de agua para consumo humano

Fuente	Comunidad	Tipo de fuente	Parámetros Químicos						Parámetros Físicos			
			Alcalinidad (mg CaCO ₃)	Cloruros (mg cloruro/L)	Fosfatos (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Salinidad (g/kg)	Coliformes fecales	Conductividad (microS/cm)	PH	Sólidos Totales (ppm)	Temperatura (°C)
A009 A026 A029	Almaciguera	Pila de Captación	28	25	0,6	7,5	2	NO	71,2	5,78	43,1	21
		Puesto de agua	24	30	0,36	2,5	2	NO	70	5,7	44,2	22
		Pozo	15	40	0,5	6,7	1,2	NO	53,6	6,13	34,8	18,2
D033 D032 D022 D017 D016	Despoblado	Pila de Captación	120	39	0,5	8,5	0,8	NO	-	-	-	-
		Pila de Captación	105	30	1,6	2	1,6	NO	195,7	6,95	32	21,7
		Puesto de agua	114	17	0,7	7	1,6	NO	152,9	7,05	109	21,6
		Puesto de agua	105	15	2	2	2	NO	170,1	7,2	119	21,3
		Puesto de agua	50	350	1,5	8,3	1,6	NO	163,9	6,87	117	20
E026 E051 E055 E010	Estanzuela	Pila de Captación	36	20	-	13	1,2	NO	-	-	-	-
		Puesto de agua	30	30	0,3	6	-	NO	75,1	7,55	47,6	21,6
		Pozo	108	25	0,6	3,95	4	NO	161,3	6,2	112	26,4
		Puesto de agua	120	600	1,3	6,5	1,6	NO	187,5	6,94	129	22,3

Normes CAPRE	Valor Recomendado	0 - 300	25 250	0 - 5	> 2			400		1000	18 - 30*
	Valor Máximo admisible										
	Kit Test HANNA										
	OMS										

* La temperatura ambiente media anual en la zona de estudio La Jabonera, varía entre 20 y 22 °C

* Normalmente el agua superficial de buena calidad presenta una concentración de oxígeno disuelto de 7-8mg/L pero es un parámetro muy variante según las condiciones naturales del lugar. En las aguas subterráneas esta concentración es menor pudiendo llegar incluso a valores inferiores a 1mg/L. (Les qualitats de l'aigua)

Fuente: Elaboración propia a partir de los análisis realizados por los proyectistas en diciembre de 2010

En las tres comunidades y en los tres tramos del río, los resultados de los parámetros fisicoquímicos están dentro de los límites recomendados. Destaca una tendencia a la baja en los valores de fosfatos, conductividad, pH y temperatura. Esto indica que el agua es de infiltración muy local, de hecho se ha confirmado con el mapa de áreas de recargas de las fuentes de agua naturales que se ha elaborado.

La contaminación fecal en la Microcuenca se ha descartado puesto que los resultados de presencia de coliformes fecales han dado negativos.

En la parte media de la Microcuenca se observan los valores más elevados de los parámetros descritos anteriormente. Esto es debido a que predomina el uso del suelo agropecuario. Por tanto, estos resultados coinciden con lo obtenido en los focos de contaminación en cuanto a que los agroquímicos son la causa principal de contaminación en la Microcuenca.

Otro punto a destacar son los valores de cloruros registrados en las fuentes de agua D016 y E010, cabe señalar que dichos puestos de agua provienen de la misma pila de captación y por consiguiente del mismo ojo de agua. Así pues, estos valores son una clara evidencia de mala gestión por parte del Comité de Agua del Despoblado en la cloración del agua.

En lo referente al parámetro de oxígeno disuelto, dado que los análisis se han realizado en la época de lluvias, en las pilas de captación el agua está en continuo movimiento oxigenándose de manera rápida. Por tanto, los resultados no muestran las concentraciones en el agua en condiciones normales.

Disponibilidad de agua:

Se ha aforado la pila de captación de la Estanzuela (E026) y el resultado es de 2.117,64 L/h. Dado que el consumo de la población que se abastece de esta agua consume 7,57L/día y son un total de unas 100 personas, se puede afirmar que hay agua suficiente para cubrir el abastecimiento requerido.

Por problemas logísticos con los CAPS de las otras comunidades no se han podido realizar más aforos. Por eso, para determinar la cantidad de agua a nivel de Microcuenca se ha realizado un cálculo aproximado a partir del caudal conocido de la pila de captación E026, la precipitación anual de la Microcuenca y las áreas de recarga de los nacientes calculados mediante SIG siguiendo las curvas de nivel. Se ha obtenido una cantidad de agua suficiente para abastecer a toda la población de la Microcuenca. Ahora bien, se tiene que tener en cuenta que los datos de precipitación usados son los del 2010 que ha sido un año muy lluvioso, y que se han hecho muchas suposiciones. Además, se han

evaluado todos los ojos de agua georreferenciados, que no coincide con la cantidad de ojos conectados a sistemas de distribución de agua ya que éstos últimos son muchos menos.

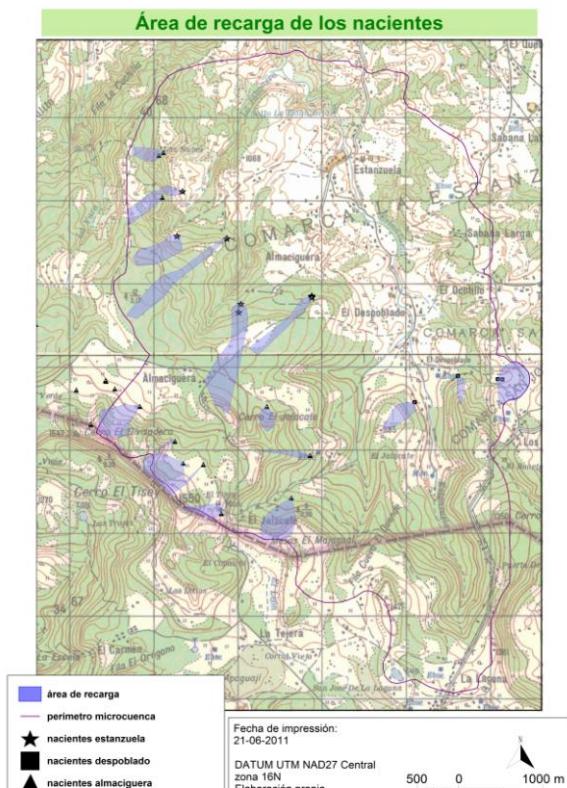


Figura 3: Áreas de recarga de los nacientes de la Microcuenca La Jabonera.
Fuente: Elaboración propia

El sistema de abastecimiento mayoritario en todas las comunidades es el miniacueducto por gravedad ya que son sistemas con un funcionamiento simple aunque requieren un mantenimiento mínimo para garantizarlo, como es revisar periódicamente la infraestructura y canalizaciones, y mantenerla en condiciones óptimas. Además la desinfección no es muy exigente y únicamente es necesario clorarla

periódicamente, y tienen un coste de inversión y de mantenimiento bajo.

Protección de las fuentes:

Se ha observado en todas las comunidades que en las fuentes de agua naturales se utilizan barreras vivas como la cobertura vegetal mientras que en el resto de fuentes de agua construidas se utiliza protecciones artificiales como las cercas. Observando concretamente los núcleos urbanos de las comunidades se puede ver que en la Almaciguera se utilizan las cercas, mientras que en el Despoblado se dan más acciones de limpieza, y en la Estanzuela predomina la cobertura vegetal.

El tipo de mantenimiento que se da a las fuentes de agua sobretodo es la limpieza y cloración y su elección está condicionada por el contexto socioeconómico de la Microcuenca, ya que se llevan a cabo las acciones más sencillas y económicas.

Conclusiones:

- El perímetro que se ha delimitado para la Microcuenca La Jabonera presenta una forma redondeada con un contorno muy regular. Se trata de un gran elipsoide de 2657,2 ha. sesgado en su lado sur oeste.
- Las variables morfométricas referidas a la forma y contorno de la Microcuenca denotan que la cuenca es oval-redonda y más bien compacta. Esta forma conlleva una tendencia

moderada a las crecidas durante los períodos de tormenta.

- El fuerte pendiente promedio de la Microcuenca (22%) conlleva una escorrentía veloz así como una respuesta rápida por parte de los hidrogramas.
- La variación en la relación de bifurcación indica que no se trata de una cuenca madura, y como consecuencia, seguirá actuando la erosión e irán apareciendo nuevos cauces a lo largo del tiempo.
- Las características poco permeables de los materiales geológicos agudizan el comportamiento de la Microcuenca propenso a las crecidas e inundaciones debido a la poca infiltración del agua.
- La mayor parte del agua precipitada se pierde rápidamente por escorrentía superficial y se producen períodos de déficit hídrico severo durante la estación seca.
- Durante la estación seca desaparecen gran cantidad de cauces que renacen con la llegada de las precipitaciones abundantes propias de la época de lluvias.
- La recarga del acuífero y el nacimiento de fuentes u ojos de agua se debe a un cierto grado de permeabilidad secundaria gracias a la existencia de fracturas o diaclasas.
- La rápida velocidad de circulación del agua a través de las fracturas junto con el corto espacio recorrido debido al pequeño tamaño de las áreas de

recarga delimitadas, explican el breve tiempo de tránsito reflejado en los análisis fisicoquímicos del agua.

- La mayor parte de las familias encuestadas destina la totalidad de la producción agrícola y ganadera al autoconsumo mientras que solo un tercio comercializa los productos en caso de la existencia de excedentes.
- Los productos que se comercializan principalmente son el maíz, el frijol, la patata, el repollo, la lechuga y la manzanilla, y se comercializan básicamente en el mercado local o nacional.
- La inestabilidad de la producción debido a los factores climáticos es una de las principales causas de la ausencia de excedentes y del bajo poder adquisitivo de la población.
- La utilización generalizada de leña como combustible para las cocinas constituye una elevada presión sobre la masa forestal de la zona, que actualmente se encuentra reducida al 53% de la superficie de la Microcuenca.
- Debido a la escasez de cobertura vegetal compacta y a la elevada presión agraria y ganadera se pueden presentar altos niveles de erosión del suelo.
- El mapa de usos del suelo denota una fuerte presión agrícola y ganadera siendo el 39% de la superficie.
- La agricultura ocupa un 23% de la superficie (612,58 ha) y un 83% de ésta es agricultura convencional. Los

agroquímicos utilizados suponen la principal causa de contaminación de suelos y aguas subterráneas en la Microcuenca.

- Cabe destacar la presencia muy minoritaria (8%) pero creciente de la agricultura ecológica.

- Generalmente, las familias trabajan la tierra contigua al hogar de manera que los campos y pastos se sitúan alrededor de las viviendas, que, a su vez, se sitúan mayoritariamente cerca de los cursos fluviales. De este modo constituyen focos potenciales de contaminación debido al uso de agroquímicos.

- La superficie agropecuaria es mayor en el Despoblado, seguido de la Estanzuela y la Almaciguera, que es la que presenta mayor superficie forestal. El uso de agroquímicos es proporcional a la superficie agrícola y este hecho se refleja en la variación de la calidad del agua obtenida en los análisis fisicoquímicos.

- Concretamente, los ojos de agua se localizan mayoritariamente en las áreas forestales en las comunidades de la Almaciguera y la Estanzuela, mientras que en el Despoblado se encuentran en áreas agropecuarias, hecho que explica la peor calidad del agua evaluada en esta comunidad.

- La percepción social del grado de contaminación es mayor en la comunidad del Despoblado seguida de la Estanzuela y la Almaciguera, hecho

que concuerda con los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos.

- La inexistencia de sistemas de recogida de basura conlleva un tratamiento inadecuado de los residuos que terminan quemados o abandonados, contribuyendo así a la contaminación de suelos y aguas.

- Se han inventariado 83 fuentes de agua para consumo humano, de las cuales el 47% se encuentran en la Almaciguera, el 17% en el Despoblado y el 36% en la Estanzuela. La fuente más común en la Almaciguera son los ojos de agua, siendo el 61,5%; en el Despoblado mayoritariamente son pozos siendo un 42,9%; y en la Estanzuela son los puestos de agua con un 40%.

- La cantidad de agua disponible en la Microcuenca es suficiente para abastecer a toda la población. El hecho de que en épocas de sequía escasee el agua es debido a problemas en la gestión de los sistemas de abastecimiento.

- El miniacueducto por gravedad es el sistema de abastecimiento mas utilizado en las tres comunidades ya que es el más asequible en cuanto a coste y mantenimiento, y se adecua a las características morfológicas de la Microcuenca.

- Predominan las barreras vivas (cobertura vegetal) para las fuentes de agua naturales, mientras que en las

fuentes construidas por los habitantes la protección es de carácter artificial (cercas y obras de conservación de suelo).

- El tipo de mantenimiento que se da a las fuentes de agua, limpieza y cloración, está condicionado por el contexto socioeconómico de la Microcuenca, ya que se llevan a cabo las acciones más sencillas y económicas.

Dado que nos encontramos en una zona con un alto potencial natural y una elevada presión antrópica es necesario avanzar hacia una gestión integrada del espacio para congeniar la buena calidad ambiental con un desarrollo socioambiental sostenible de la Microcuenca.

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo de tantísima gente que nos ha ayudado y acompañado durante estos meses de trabajo y aventura.

A Martí Boada, por darnos la oportunidad de hacer realidad esta experiencia que ha ido más allá de lo meramente académico.

A Albert Folch, por ayudarnos en la interpretación del trabajo de campo en temas de hidrogeología y animarnos a continuar cuando más perdidos estábamos.

A Edgardo Palacios, nuestro tutor en Nicaragua, por acogernos y orientarnos siempre en la mejor dirección.

A nuestros compañeros de proyecto de Estelí, Javier, Elgin, Rebeca, Lannier y Gema, por tratarnos como compañeros des del principio, trabajar codo con codo y enseñarnos a ver las cosas de una manera distinta.

A todos los pobladores de las comunidades, por abrirnos sus puertas y ofrecernos todo lo que tenían y más sin pedir nada a cambio. Por enseñarnos otra forma de vivir y demostrarnos cuales son los valores más importantes.

A nuestros amigos nicas: Los del café Luz, por acogernos día tras día entre Toña y Toña. A los “niños” del Sandino, Axel, David, Danny, Jerald, Gato y el Cubano, por enseñarnos lo que significa la palabra “bacanal”. Y a Alejandro, por mantener nuestra casa segura escopeta en mano y enseñarnos la receta secreta del ayote con dulce.

A Salatinel, el rey de la carretera.

A los “vecis”, Sara, Josep, Laura, Joan, Gemma y Xavi, nuestra familia, por hacernos sentir como en casa, por compartir el día a día, raids, bacanales, viajes y momentos inolvidables.

A Muntsa y Marina, por ser nuestras compañeras inseparables y obsequiarnos en todo momento con su candencia más disparatada.

A nuestros compañeros de clase con los que hemos compartido los ideales que nos han traído hasta aquí, en especial a Sandra y Marta, que os tuvimos presentes en muchos momentos de nuestro viaje.

A nuestras familias, por dejarnos volar y soportar la distancia con una sonrisa en la cara, porque el sufrimiento ha valido la pena.

Y finalmente a Nicaragua, país vital, libre, alegre y revolucionario que nos ha contagiado para siempre.
Volveremos!

Bibliografía

Artículos y libros

- CORRALES, D. (2004). Estudio Hidrológico del funcionamiento del acuífero de Estelí. Estelí-Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería.
- FENZL, N. (1988). Nicaragua: Geografía, clima, geología y hidrogeología. Managua-Nicaragua. Belom/UFPA/INETER/INAN.
- FIDER. (2003). Plan de Manejo de la Reserva Natural Tisey-La Estanzuela. Estelí-Nicaragua.
- FUENTES JUNCO, J. (2004) Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del parque nacional Pico de Tancítaro.
- GOMEZ ESPIGARES E.J., (2003). Restauración Hidrológico-Forestal de la Cuenca del embalse de Cuevas de Almanzora.
- HERNANDEZ, E.; et al. (2010). Diversidad de macrohongos de los grupos Basidiomycota y Ascomycota en la reserva natural Tisey-Estanzuela, del municipio de Estelí-Nicaragua durante el 2010.
- HORTON, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geology Society. America Bull.
- INCER BAQUERO, J. (2000). Geografía Dinámica de Nicaragua. Managua-Nicaragua, 2da edición. Hispamer.
- INCER BARQUERO, J. (2002). Geografía Básica de Nicaragua. Managua-Nicaragua, 1ra edición. Hispamer.
- INETER-COSUDE. (2004). Estudio de mapificación hidrogeológica e hidrogeoquímica de la Región Central de Nicaragua. Managua-Nicaragua.
- INETER (1970). Mapa Geológico. Hojas cartográficas de Estelí (2955 III) y San Nicolás (2954 IV).
- INIDE (2008). Estelí en cifras. Managua-Nicaragua.
- INSTITUTO GEOGRAFICO DE AGOSTINI (2010). Calendario Atlante de Agostini 2011. Italia. Ed. De Agostini.
- JARDI, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje: análisis de las variables morfométricas que nos la definen. Barcelona-España. Revista de Geografía 68 págs.
- MAGFOR (2000). Manejo integrado de cuencas hidrográficas de la región de las Segovias. Managua-Nicaragua.
- MARENA (1999). Biodiversidad en Nicaragua. Managua-Nicaragua.
- MARENA, (2000). Diagnóstico de la Exploración y Efectos del Uso de los Plaguicidas: Estelí, Nicaragua.
- MARENA (2002). Plan de Ordenamiento de la Subcuenca del Río Estelí.

- MARTINEZ, P., MARTÍNEZ, P., CASTAÑO,S.; (2006); Fundamentos de Hidrogeología. Barcelona. Mundi-Prensa
 - MARTINEZ-SANCHEZ (2000). Lista de Aves de Nicaragua.
 - MATAMOROS, J.I.; (2000); Diagnóstico Ambiental del Recurso Hídrico de la parte alta de la Subcuenca sur del Río Estelí; Managua, Nicaragua.
 - OMS, (2009). Guía de Orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades.
 - OMS, (2011). Guía para la calidad del agua potable.
 - PEDROMO, C. (1996); Calidad del agua y su relación con la agricultura.
 - POCH, M.; (1999); Les qualitats de l'aigua. Barcelona. Rubes.
 - RACCA J.M.G., (2007). Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno. Rosario.
 - ROMERO DIAZ, A. (1987). Morfometría de redes fluviales: Revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir.
 - SALAS, J.B. (1993). Árboles de Nicaragua. Managua-Nicaragua. Hispamer.
 - SENOC – MARENA (1994). Plan de Rehabilitación Ambiental de la Cuenca Sur del Río Esteí.
 - UNIVERSIDAD DE ZAMORANO (2007) Guía para la identificación de fuentes de contaminación del agua en cuencas. Tegucigalpa, Honduras
 - VALENZUELA, D. (2003). Implementación de técnicas de manejo de cuencas, en tres comunidades de las microcuencas tributarias del Río Estelí: La Jabonera, La Majada y Cerro Grande. Estelí-Nicaragua. Universitat Autònoma de Barcelona, Universidad Politécnica de Nicaragua.
- Documentos electrónicos**
- AGHN (Academia de Geografía y Historia de Nicaragua). Nicaragua. Dirección URL: <<http://www.aghn.edu.ni>>
 - GOOGLE. España. Dirección URL: <<http://www.google.es>>
 - INAFOR (Instituto Nacional Forestal). Nicaragua. Dirección URL: <<http://www.inafor.gob.ni>>
 - MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). Nicaragua. Dirección URL: <<http://www.marena.gob.ni>>
 - MINED (Ministerio de Educación). Nicaragua. Dirección URL: <<http://www.mined.gob.ni>>
 - MINSA (Ministerio de Sanidad). Nicaragua. Dirección URL: <<http://minsa.gob.ni>>