



COSTA RICA
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



Boletín Anual 2017

Monitoreo SIMASTIR

Variaciones de Niveles de Agua Subterránea, 31 diciembre 2016—31 diciembre 2017

Los resultados del monitoreo automatizado de la red SIMASTIR muestra, que aunque es necesario aumentar los puntos de monitoreo tanto en la provincia de Guanacaste como en el resto de país, la distribución actual de ellos permite un control apropiado de las variaciones en los acuíferos monitoreados, a la vez que se identifican alertas para un mejoramiento en la red, así como desarrollo de próximas investigaciones de detalle.

Al valorar integralmente el comportamiento de cada punto de monitoreo con relación a su distribución en el acuífero, es posible observar un desfase temporal de la presencia de lluvias con relación a los aumentos o disminuciones del nivel freático. Lo anterior puede ser provocado por diferentes tiempos de respuesta de los materiales sobreyacentes del acuífero, así como a las capacidades internas de almacenamiento en él; caracterizando de manera particular el comportamiento del acuífero en sus distintas secciones.

Efectos de la Tormenta Tropical Nate en los niveles de los acuíferos monitoreados

Los registros muestran que en todos los acuíferos monitoreados es evidente un abrupto aumento del nivel freático en el periodo de influencia directa de la tormenta tropical Nate, lo que muestra que hay una comunicación directa y casi inmediata entre la presencia de lluvias y el aumento del nivel freático, sin embargo en muchos casos, luego de finalizados los fenómenos meteorológicos los niveles del acuífero regresan a sus valores iniciales (previo a las lluvias) en periodos muy cortos, por lo cual las condiciones de recarga deben ser analizadas de forma individual y muy detallada. No menos importante de resaltar que en algunos de los sitios de monitoreo, los aumentos del nivel freático generados por la Tormenta Tropical Nate, si se mantienen a través del tiempo, por lo que estos si representan una recarga al acuífero.

Aspectos de interés especial

Este boletín consta de un resumen de las variaciones del comportamiento del agua en los acuíferos en el 2017, con especial énfasis en el período junio-setiembre 2017. Así también se examina el efecto de la tormenta Nate en los registros.

El principal parámetro de control en el monitoreo en todos los acuíferos es la variación del nivel del agua; con relación a los costeros se adiciona la medición de conductividad eléctrica. Todos estos parámetros son registrados de forma horaria con descargas al centro de procesamiento cada 12 horas.

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO SIMASTIR

AGRADECIMIENTOS

La Dirección de Agua, le agradece a todas las personas públicas y privadas, que desde un inicio confiaron en el proyecto Simastir y otorgaron los permisos necesarios para perforar piezómetros dentro de sus propiedades y/o colocar los equipos de monitoreo en sus pozos de aprovechamiento.

Su confianza y apoyo al Proyecto, muestra un accionar ante la protección del recurso hídrico subterráneo y forman parte importante en el adecuado desarrollo de la gestión integral de este importante recurso.

Así mismo insta al resto de la comunidad preocupada por la protección del recurso hídrico subterráneo, a que faciliten la disponibilidad de mas sitios de monitoreo, mediante el otorgamiento de los permisos necesarios para la perforación de piezómetros y/o colocación de equipos y así densificar apropiadamente la red de monitoreo.

En el país, se han realizado esfuerzos para obtener información sobre los acuíferos, sin embargo, ésta no es de libre acceso, se encuentra dispersa en varias instituciones, universidades y entes privados. Ante esta realidad nacional en conjunto con instituciones relacionadas con el recurso hídrico (AyA, SENARA) la Dirección de Agua - MINAE, desarrolla el proyecto *“Sistema de Monitoreo de Agua Subterránea en Tiempo Real”* (Simastir); identificando los sitios prioritarios de recolección de información y optimizando el uso de los recursos públicos.

Simastir tiene como objetivo, implementar una red nacional de monitoreo automatizada que registre variaciones de los niveles de aguas subterráneas, temperatura y conductividad eléctrica en sitios seleccionados. La información es sistematizada y transmitida al Centro de Operaciones ubicado en las oficinas de la DA, mediante señal celular.

La información permitirá mostrar patrones de comportamiento y generar datos para realizar investigaciones especializadas (por ejemplo: balances hídricos), además, tomar decisiones referentes al aprovechamiento de agua, comprobar la influencia de fenómenos meteorológicos en el agua subterránea y el impacto generado por el cambio climático.

A la fecha, la red posee instalados equipos en

44 sitios para el monitoreo (Fig. 1), distribuidos en los siguientes acuíferos: Sardinal, Tempisque margen derecha, Nimboyores, Playa Panamá, Playa del Coco, Huacas-Tamarindo, Playa Brasilito, Playa Potrero, Nicoya-Caimital, Cóbano-Montezuma.

Los acuíferos fueron seleccionados tomando en consideración el desarrollo socio-turístico, la actividad agrícola y ganadera que se presenta en la actualidad y la proyección del crecimiento poblacional futuro. De esta forma, la Dirección de Agua, marca la pauta en lo referente al monitoreo del agua subterránea, buscando la mejora continua y la estimación de indicadores que permitan sustentar la toma de decisiones en aspectos técnicos, con el fin de fortalecer la gestión integral del recurso hídrico subterráneo en beneficio de todos los costarricenses.

Con esta serie de boletines se mantendrá informada a la población sobre las variaciones importantes de niveles registrados mediante el Proyecto SIMASTIR.

Con la información que aportará este monitoreo, será posible tener un conocimiento mas certero del comportamiento y respuesta de los acuíferos ante las condiciones climáticas generales (seca-lluviosa) así como la influencia directa de fenómenos climatológicos de corta duración (Ej. Huracan Otto, Tormenta Nate).

En la provincia de Guanacaste el tema de las aguas subterráneas se agrava debido a los contrastes de las propiedades hidrogeológicas de las litologías, siendo posible encontrar en cortas distancias rocas con baja capacidad de almacenamiento de agua, así como rocas de alta capacidad. Lo anterior origina las diferencias de productividad de pozos ubicados a corta distancia uno de otros.

Es por esta razón que resulta necesario evaluar por diferentes métodos los recursos hídricos subterráneos y mantener un monitoreo constante de las variaciones del nivel freático.



Fig. 1.1 Distribución de la red de monitoreo del Proyecto SIMASTIR, Fase I

“Invertir en conocimientos produce siempre los mejores beneficios”.

Benjamin Franklin .

2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA GENERAL

Con base en la información publicada por el Instituto Meteorológico Nacional (www.imn.ac.cr), se indica que mediante la revisión de los indicadores de la atmósfera y del océano se establece que el fenómeno ENOS, que estaba desde agosto 2016 en la fase de La Niña pasó al estado neutral a principios de febrero 2017, continuando en este estado hasta la emisión del último boletín en el mes de agosto (Boletín del ENOS N°102, IMN), sin embargo el comportamiento climático evidencia un leve sesgo hacia condiciones tipo Niña

Las figuras 2.1 y 2.2 muestran, de acuerdo con el pronóstico del índice de temperatura del mar (región N3.4) de un ensamble (conjunto) de 23 modelos, así como el juicio de experto, que la condición neutra del ENOS persistirá con mucha certeza en los próximos tres meses, sin descartar que se extienda el resto del año.

La presencia de la ZCIT sobre América Central fue el fenómeno atmosférico que moduló el tiempo en Costa Rica. El constante ingreso de vientos del oeste, desde el sector marítimo del Pacífico, trajo un mayor aporte de humedad al territorio nacional que, junto con la orografía y procesos locales como la evaporación matutina, el paso de ondas tropicales y la influencia de la MJO, ocasionó que se presentaran lluvias constantes desde abril en el pacífico norte. Comparando los acumulados de lluvia con la climatología, se identifica que lugares de mayores anomalías positivas de precipitación durante esta época lluviosa se presentaron en el norte del Pacífico Norte, noreste del Pacífico Central y el este del Valle Central. En el norte de Guanacaste y en el Valle Central las anomalías (positivas) llegaron hasta 165% en algunos sectores (Fig. 2.3)

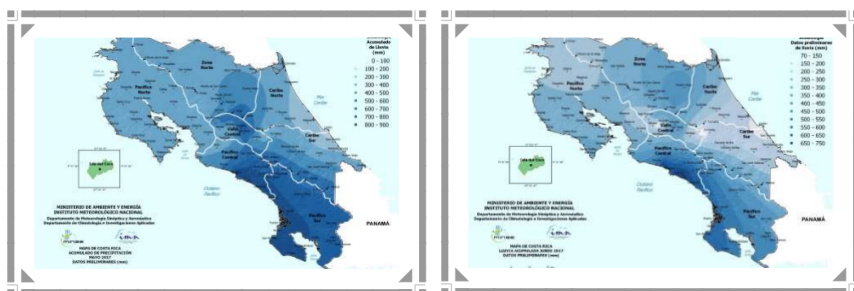


Fig. 2.3 Acumulados de lluvia (mm) sobre el territorio nacional durante los meses de mayo (derecha) junio (izquierda) de 2017. Fuente: IRI en Boletín Meteorológico Mensual, 2017 IMN.

Sin duda, a inicios del mes de octubre la tormenta tropical Nate, que inició su afectación al país como la depresión tropical N°16, fue el fenómeno climático que causó en el país, la mayor afectación hidro-meteorológica. Este evento presentó una influencia directa de corta duración (04 –06 de octubre), sin embargo generó en el país la Declaratoria de Emergencia Nacional (DE-40677-MP) debido que provocó lluvias intensas en 76 cantones (Fig. 2.4), generando en 2 días un aumento en los acumulados diarios de lluvia mayor a 100 mm en la península de Nicoya (Fig. 2.5), presentando máximos de 300-500 mm en los cantones de Liberia y Carrillo

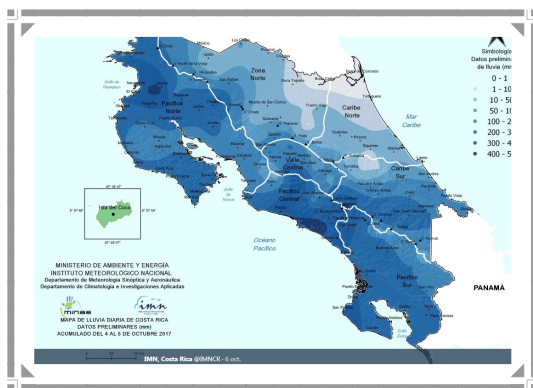


Fig. 2.5. Acumulados de lluvia (mm) sobre el territorio nacional durante el 04 -06 de octubre. Fuente: IMN.

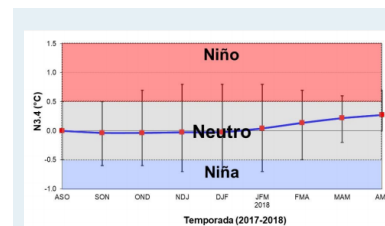


Fig. 2.1 Pronóstico del índice de temperatura del mar de la región Niño3.4, válido de agosto-2017 hasta junio-2018. La línea azul continua es el promedio de 23 modelos de la temperatura del mar, las barras verticales muestran la incertidumbre de cada trimestre. Fuente: IRI en Boletín del Enos N°102, IMN.

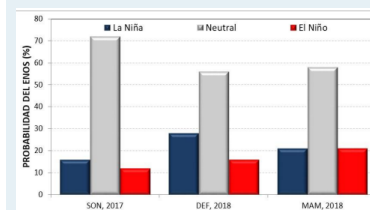


Fig. 2.2 Probabilidad de ocurrencia de los escenarios del ENOS para el año 2017 y 2018. Fuente: IRI en Boletín del Enos N°102, IMN.



Fig. 2.4 Escenario crítico de alerta emitidas por la CNE, ante los efectos de la Depresión Tropical N°16 que evolucionó a Tormenta Tropical Nate

3. ACUÍFERO NIMBOYORES

La cuenca donde se ubica el acuífero Nimboyores se localiza en los distritos de Cartagena y Tempate del cantón de Santa Cruz, provincia de Guanacaste. Se identifica como un acuífero coluvial del tipo libre sobreyacido por un suelo areno-arcilloso, la mayor profundidad del basamento varía entre los 30 y 45 m.

Mediante la Fase I del proyecto Simastir, tomando en cuenta las direcciones de flujo definidas en estudios previos (flechas azules), se acondicionaron cuatro puntos de monitoreo distribuidos estratégicamente en su extensión (Fig. 3.1, Cuadro 3.1).

La información general de los puntos de monitoreo se presenta se ilustran en Figura 3.2.

Cuadro 3.1. Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	USO
BE-8	PERFORADO	DOMÉSTICO
BE-193	PERFORADO	RIEGO Y AGRÍCOLA
BE-529	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
BE-530	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN

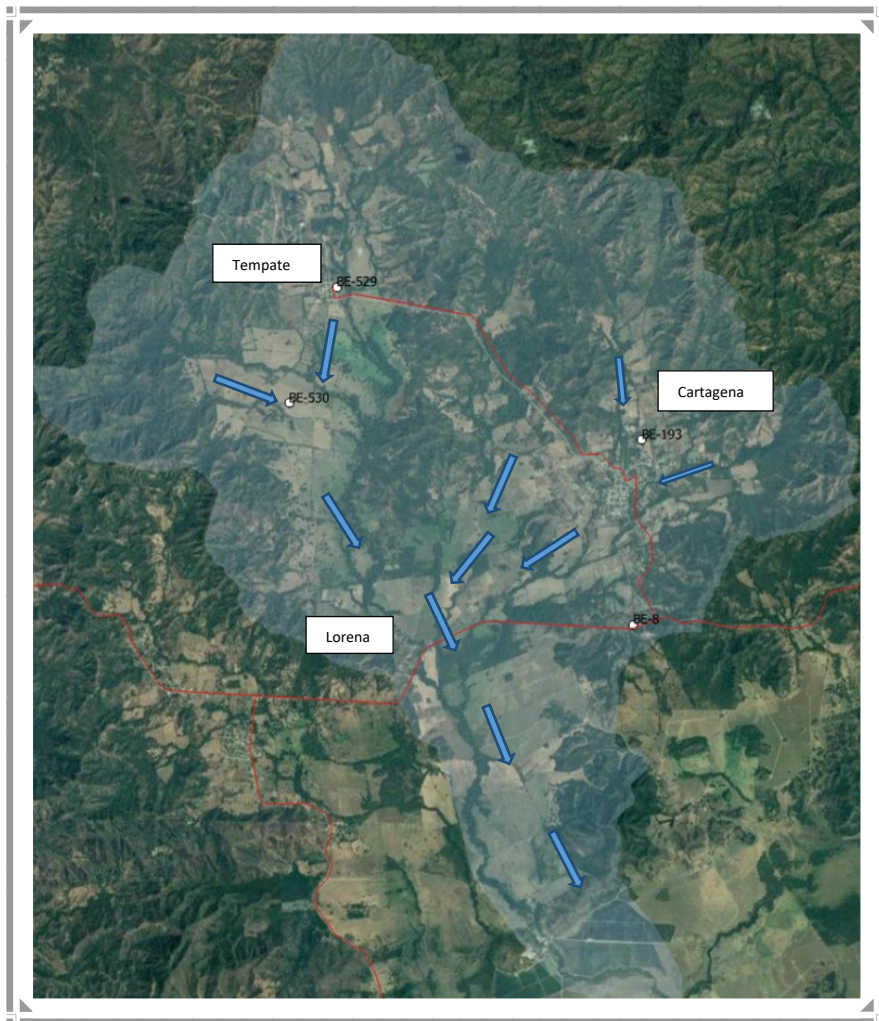


Fig. 3.1. Cuenca donde se ubica el Acuífero Nimboyores y distribución de los puntos de monitoreo del proyecto SIMASTIR

Fig. 3.2. Sitios de Monitoreo Acuífero Nimboyores



BE-08



BE-193



BE-529



BE-530

Variaciones en los niveles del Agua Subterránea - Acuífero Nimboyores

Comportamiento del nivel freático (31 dic 2016-31 dic 2017), mediante registros horarios

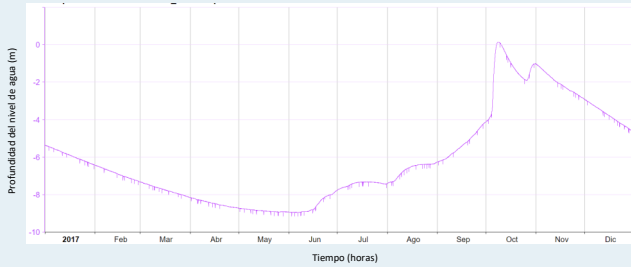


Fig. 3.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-08

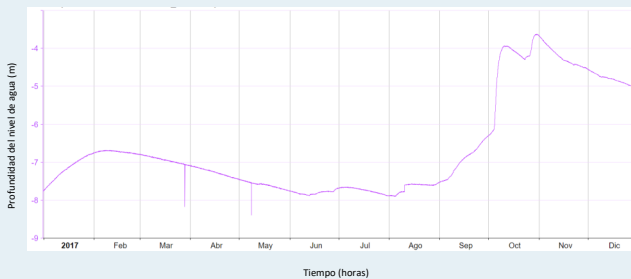


Fig. 3.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-193

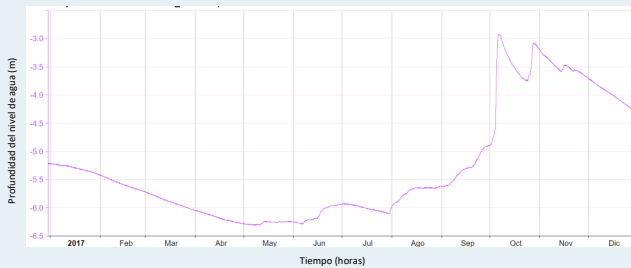


Fig. 3.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-529

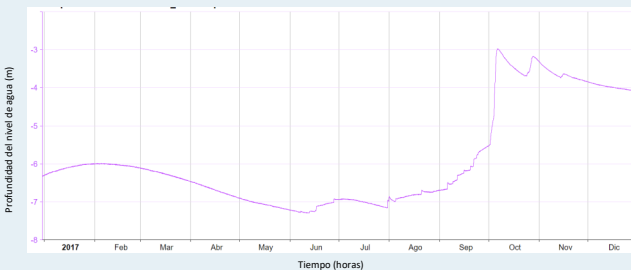


Fig. 3.6 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-530

A continuación se presenta el análisis del comportamiento de las variaciones en el nivel de agua, registradas en el período 31 diciembre 2016 al 31 diciembre 2017, de cada uno de los pozos monitoreados, mediante la red del proyecto Simastir (Figs. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6). Con el fin de valorar el comportamiento registrado de los niveles freáticos estáticos y dinámicos, así como su relación con la época lluviosa y el evento extremo presentado el año anterior, que afectó la provincia de Guanacaste (Tormenta Nate).

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Es de resaltar que aun cuando el IMN indica que la estación lluviosa en el 2017 se inició en la última semana de abril; en todos los sitios de monitoreo se muestra un retardo en el aumento de los niveles freáticos. Para el punto BE-8 (Fig. 3.3), los registros del monitoreo automatizado muestran que es a finales de mayo e inicios de junio los niveles muestran un comportamiento de estabilidad y a mediados de junio se evidencia el aumento continuo del nivel freático. Mostrando que fue hasta a partir de esta fecha, donde se presenta una relación directa en la recarga del acuífero por lluvias, para este sector.

Con relación a los otros puntos de monitoreo, los registros muestran que el periodo de estabilidad del nivel del acuífero, se extiende entre inicios de junio a finales de julio. Este periodo puede asociarse a las características de permeabilidad y al proceso natural de saturación de los suelos. Es a partir de la primer semana de agosto, que se inicia un aumento constante del nivel freático, mostrando una recuperación en el nivel regional del mismo, siendo importante resaltar que en promedio para mediados del mes de septiembre, se alcanzan los mismos niveles a los máximos reportados en la época lluviosa del 2016. Mostrando que manera general el nivel del acuífero aumento 1.0 m en el 2017 con respecto al 2016., sin considerar los efectos de la tormenta Nate.

Efectos directos de la tormenta Nate

Con respecto a los efectos de este fenómeno hidro-meteorológico se indica que para el día donde se inicia la influencia directa en el sector se registra un abrupto aumento del nivel de aprox. 2 m., resaltando que en el pozo BE-8 se superó el nivel del suelo (surgente). Se resalta que no obstante, luego de la influencia de la tormenta Nate, se inicia un descenso en el nivel, al finalizar el año la profundidad del mismo se mantiene entre los 4.5-5.0 m, siendo superior en aprox. 2 m al valor máximo registrado el año anterior.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

De esta forma, es posible indicar que para el 2017 el nivel freático descendió entre los 6.5-7.5 mbns en el sector donde se ubican los pozos BE-529 y BE-530, y aproximadamente a los 8,5 metros para el sector de Cartagena (BE-193) y el pozo BE-8.

Con respecto a los niveles máximos registrados, se muestra que para los pozos BE-529 y BE-530 (sector Tempate) se registran valores promedio de 3.0 mbns mostrando una recuperación aproximada de 2.0 m, mientras que para el sector de Cartagena (pozos BE-193) es de 4.0 m y se registró surgencia en el pozo BE-8.

Al valorar integralmente el comportamiento de cada punto de monitoreo con relación a su distribución en el acuífero, es posible observar una influencia directa entre el efecto de las lluvias respecto al aumento en el nivel freático. Presentando un desfase temporal en los sitios cercanos a los límites del acuífero. Lo anterior, puede ser provocado por diferentes características físico-mecánicas de los materiales sobreyacentes, así como a las capacidades internas de almacenamiento y transmisividad del acuífero; por lo que es posible caracterizar de manera particular el efecto de la estación lluviosa en la recarga directa del acuífero en sus distintas secciones.

Con respecto a la tormenta Nate se indica que en general aportó al acuífero un aumento promedio de 1.0 m del nivel, al finalizar el año 2017.

4. ACUÍFERO TEMPISQUE MÁRGEN DERECHA

Debido a las dimensiones de este acuífero, el proyecto Simastir ha iniciado por el monitoreo de la margen derecha debido al aumento significativo en los últimos años de la demanda de uso del agua (poblacional, turístico, ganadero, agrícola, etc).

Este acuífero se desarrolla en una unidad de arenas medias a gruesas, con intercalaciones de limos y arcillas asociadas a depósitos aluviales del río Tempisque. Conforme últimas investigaciones realizadas, se determinó que este acuífero aluvial en su espesor y extensión es mucho menor a lo que se había considerado antes del 2014.

Mediante la Fase I del proyecto Simastir y mediante la cooperación inter-institucional se logró equipar 4 perforaciones realizadas con fondos del Proyecto Proghir-Senara (Fig. 4.1, Cuadro 4.1) con el fin de caracterizar el comportamiento del acuífero y la eventual relación de descarga del acuífero Sardinal. Los detalles en la figura 4.2 muestran cada uno de los sitios de monitoreo automatizado existentes para este acuífero.

Cuadro 4.1. Listado de los puntos de Monitoreo

POZO	TIPO	USO
BE-514	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
BE-520	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
BE-521	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
CN-717	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN

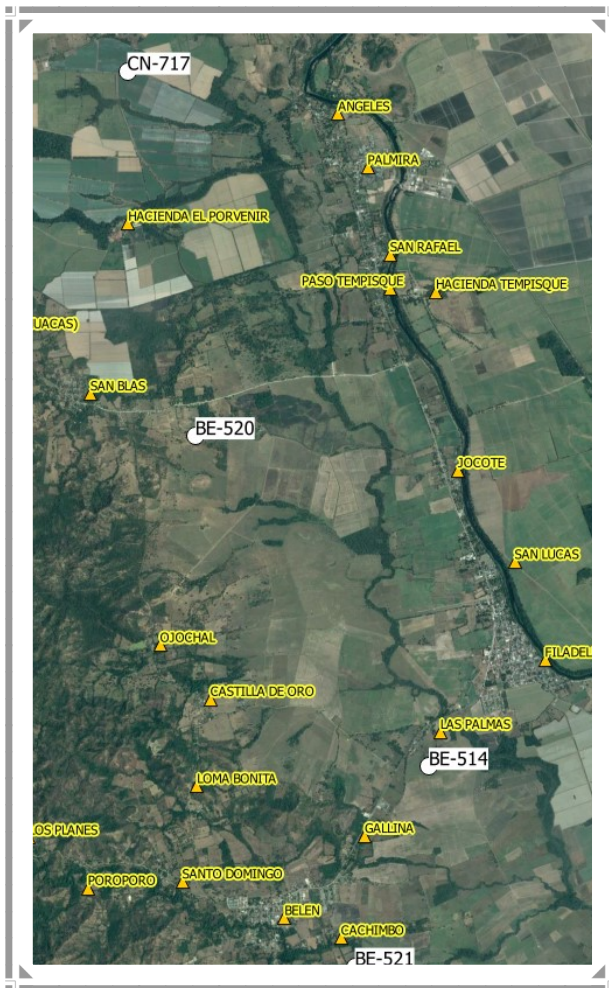


Fig. 4.1. Distribución de los puntos de monitoreo Simastir en el Acuífero Tempisque Margen Derecha

Fig. 4.2. Sitios de Monitoreo Acuífero Tempisque Margen Derecha



BE-514



BE-520



BE-521



BE-514

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Tempisque margen derecha

Comportamiento del nivel freático (31 dic 2016-31 dic 2017), mediante registros horarios



Fig. 4.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-

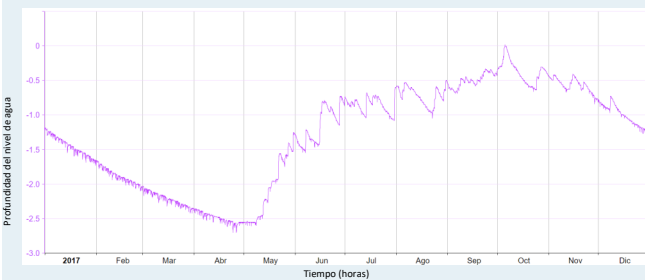


Fig. 4.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-514

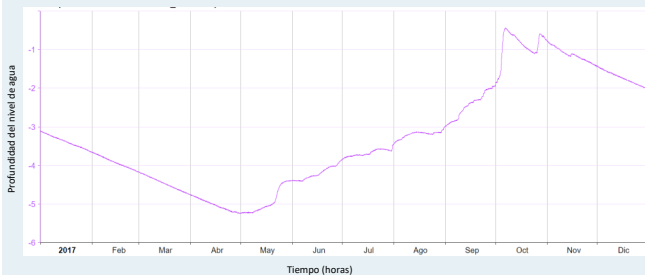


Fig. 4.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-520



Fig. 4.6 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo BE-521

En este análisis se presenta el comportamiento de las variaciones del nivel freático, registradas en el período 31 diciembre 2016 al 31 diciembre 2017, de cada uno de los pozos monitoreados automáticamente, mediante la red del proyecto Simastir (Figs. 4.3, 4.4, 4.5, 4.6). Todos los sitios de monitoreo de este acuífero corresponden con piezómetros de investigación, por lo cual en ellos se registran los valores del nivel estático del acuífero.

Así también se procede a realizar una interpretación de los efectos de la recarga directa por lluvias, considerando el efecto de la tormenta Nate en la región.

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

En los sectores de la llanura (Figs. 4.3 y 4.4) los niveles del acuífero presentaron un máximo descenso promedio de 3.0 mbns, cuyo valor inferior se registra a finales de abril-inicios de mayo. Con relación a los pozos BE-520 y BE-521 (Figs 4.5 y 4.6), ubicados en el sector de piedemonte, los niveles en la época seca descendieron en promedio a 5.5 mbns, para las mismas fechas. A partir de la primera semana de mayo para todos los registros se muestra un ascenso del nivel, siendo más pronunciado en los sectores de llanura.

En los pozos que se encuentran ubicados en parte central de la llanura aluvial (CN-717, BE-514), presentan un ascenso muy importante del nivel (aprox. 2 m) durante el mes de mayo. Manteniéndose hasta finales de octubre, con variaciones mínimas ≤ 1 m. A partir de la primera semana de noviembre se inicia el descenso paulatino del nivel. No mostrando cambios importantes a inicios de octubre como efecto directo de la tormenta tropical Nate.

Con relación a los pozos BE-520 y BE-521; presentan un ascenso prolongado del nivel desde inicios de mayo hasta finales de septiembre con una diferencia promedio de 2.5-3.0 m.

Efectos directos de la Tormenta Nate

Con relación al efecto de la tormenta Nate, su influencia es muy evidente en los pozos ubicados en las cercanías del pie de monte (BE-520, BE-521) donde a partir del 04 de octubre el nivel asciende aprox. 1.5 m en los 04 días de influencia directa de la tormenta. Ninguno de estos pozos reportan registros de desbordamiento o anegación en el piezómetro.

Con respecto a los pozos CN-717 y BE-514, debido a los niveles freáticos precedentes al fenómeno climático, la gráfica no evidencia un aumento importante del nivel, durante el período de influencia directa. Sin embargo se registran niveles superiores al nivel del suelo en el pozo CN-717, mientras que en el BE-514, solo se registra que el nivel alcanzó el nivel del suelo

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Conforme al análisis del comportamiento de los registros, es posible determinar que los mismos caracterizan el comportamiento de dos sectores del acuífero. De esta forma los pozos CN-717 y BE-514, muestran el comportamiento del acuífero en el sector de llanura, mientras que los sitios BE-520 y BE-521 muestran un comportamiento del acuífero muy cercano al pie de monte, evidenciando la influencia de la recarga indirecta del complejo de Nicoya fracturado.

De esta forma, sector de piedemonte los descensos del nivel del acuífero alcanzaron los 5.5 mbns y se muestra una respuesta directa entre el efecto de la tormenta Nate y el aumento del nivel del acuífero. Con relación a la zona central de la llanura aluvial durante la época seca el nivel freático descendió a 3.0 mbns.

Con respecto a los niveles máximos registrados durante la época lluviosa se indica que hasta finales de septiembre el acuífero ascendió 2.5 m, sin tomar en cuenta el aumento generado por el efecto directo de la Tormenta Nate.

5. ACUÍFERO SARDINAL

Debido al conflicto actual por el uso del agua de este acuífero, se origina la necesidad de establecer un monitoreo automatizado, que permita darle seguimiento constante a las variaciones del nivel de agua en el acuífero. Y así documentar con mayor información la toda de decisiones así como las políticas de manejo del acuífero. Este análisis se complementa con la información indicada en el Boletín elaborado por el CTI-Aguas (<http://www.da.go.cr/acuiferos/>) el cual brinda un análisis detallado por parte del área Técnica del Comité Técnico Institucional del comportamiento del acuífero, así como de las acciones que actualmente se desarrollan para si apropiado manejo.

La distribución de los puntos de monitoreo, se presentan en la figura 5.1, mientas que las características e información general de los puntos de monitoreo del Proyecto SIMASTIR se presentan en el Cuadro 5.1 y figura 5.2.

Cuadro 5.1. Listado de los puntos de Monitoreo

POZO	TIPO	USO
CN-718	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
CN-719	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
CN-746	PERFORADO	POBLACIONAL
CN-748	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN

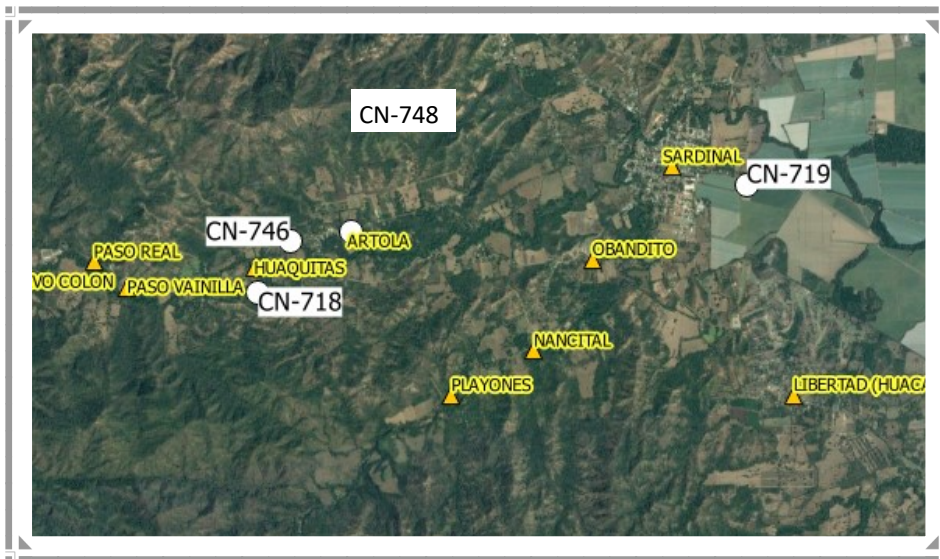


Fig. 5.1. Distribución de los puntos de monitoreo del proyecto SIMASTIR en el Acuífero Sardinal

Fig. 5.2. Sitios de Monitoreo Acuífero Sardinal



Variaciones de niveles del Agua Subterránea Acuífero Sardinal

Comportamiento del nivel freático (31 dic 2016-31 dic 2017), mediante registros horarios

Esta red de monitoreo, posee cuatro sitios de registro, tres de ellos piezómetros y solo uno de ellos presenta un aprovechamiento de tipo poblacional (CN-746).

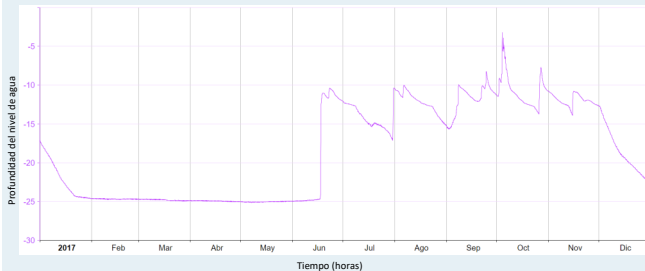


Fig. 5.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-718 (capta en su totalidad Complejo de Nicoya Fracturado)

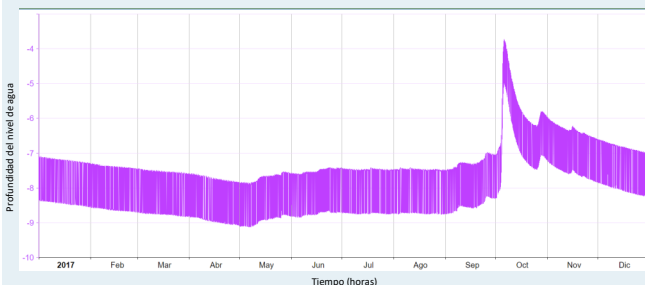


Fig. 5.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-746 (con aprovechamiento poblacional)

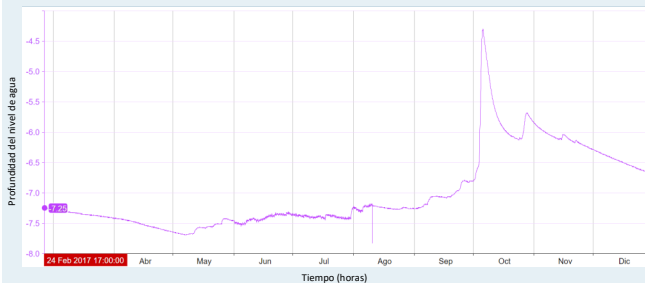


Fig. 5.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-748

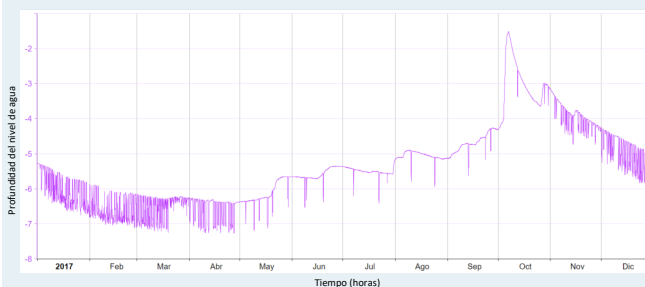


Fig. 5.6 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-719 (con influencia del aprovechamiento cercano –riego melón)

A continuación se presenta el análisis del registro disponible en el periodo comprendido entre el 31 de diciembre del 2016 y el 31 diciembre 2017 de cada uno de los pozos monitoreados bajo el Proyecto SIMASTIR dentro de este acuífero.

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

El comportamiento del nivel de agua registrado en el pozo CN-718 es anómalo respecto al que se registra en los 3 pozos restantes. Mediante una revisión detallada de las características de litologías y armado en cada uno de los pozos, se determina que el pozo CN-718 caracteriza el comportamiento del flujo del agua en los materiales fracturados del complejo de Nicoya, mientras que los 3 pozos restantes (CN-746, CN-748 y CN-719) registran el comportamiento del nivel del agua en el acuífero aluvial del río Sardinal en diferentes sectores de su cuenca.

De esta forma se observa como el fracturamiento en el Complejo de Nicoya (Fig. 5.3) permite un rápido flujo del agua, tanto para el aumento de niveles como para la disminución de los mismos, evidenciándose picos de aumento directamente asociados a eventos lluviosos intensos pero de corta duración. Aumentando de forma estacional el nivel en 10 m aproximadamente, sin embargo al cesar la época lluviosa, el nivel de agua disminuye hasta los 25 m en corto tiempo.

Con relación a los registros en los pozos CN-746, CN-748 y CN-719 (Figs. 5.4, 5.5 y 5.6), muestran que el nivel del agua subterránea inicia su aumento a partir de la primer semana de mayo.

En el período mayo-septiembre (excluyendo el efecto de la tormenta tropical Nate), en las variaciones del nivel de agua en el acuífero, se observa que para los pozos CN-746 y CN-748 (Figs. 5.4 y 5.5) el nivel aumento un promedio de 0.5 m, mostrando que aun con la extracción constante para el uso poblacional del pozo CN-746, se registra un comportamiento de aumento constante en el acuífero con valores semejantes a los registrados en el piezómetro (7.0—7.5 mbns).

Con relación al pozo CN-719, éste se ubica en el sector de llanura, sin embargo es de resaltar que no obstante este pozo no posee bombeo (piezómetro de investigación) registra variaciones de nivel dinámico y estático, debido a la influencia en el nivel del acuífero, del bombeo cercano. De esta forma se observa que el bombeo en la zona se suspende en el período comprendido entre inicios de mayo-inicios de noviembre. Durante la época lluviosa el nivel ascendió aproximadamente 2 metros, iniciando con un nivel promedio de 6.0 m como el valor mas bajo.

Efectos directos de la Tormenta Nate:

En todos los registros se muestra un aumento muy significativo de los niveles de agua subterránea en muy corto tiempo, evidenciando una respuesta directa al fenómeno meteorológico, por lo que la recarga directa por lluvias es un aspecto relevante a tomar en cuenta en todo el acuífero.

Con relación a la afectación de la tormenta Nate en el sector, se indica que no obstante se registraron inundaciones en la zona, los registros del nivel del agua subterránea no alcanzaron el nivel del suelo, manteniéndose en promedio cercanos a 4.0 mbns; con respecto al pozo CN-719, los niveles alcanzaron lo 1.5 mbns en promedio.

Lo anterior se asocia al lento drenaje de las áreas inundadas o sobresaturadas que fueron afectadas en este sector debido a la retardación vertical de la cobertura natural del acuífero.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Los registros del pozo CN-748, muestran el comportamiento del nivel de agua en los niveles fracturados de la Unidad Litológica Complejo de Nicoya. Mostrando una relación directa del nivel de agua subterránea con la presencia de lluvias en el sector, esta información será de gran utilidad para dar seguimiento a los valores de recarga lateral del acuífero del río Sardinal.

Al valorar integralmente el comportamiento de cada punto de monitoreo con relación a su distribución en el acuífero, es posible observar una influencia directa entre el efecto de las lluvias respecto al aumento en el nivel freático. La extracción continua en el pozo CN-746 muestra un comportamiento (tendencia) del acuífero, semejante al que se registra en el pozo CN-748, por lo cual no se genera un abatimiento regional del acuífero. Con respecto a las variaciones que se registran en el piezómetro CN-719, esto evidencia que el mismo se ubica dentro del cono de abatimiento del pozo CN-223.

A manera general se puede indicar que en estos puntos de registro el nivel del acuífero cerro el año 2017 con valores semejantes a los de inicio.

6. ACUÍFERO CAIMITAL

El sistema acuífero Río Potrero-Caimital, ubicado en el cantón de Nicoya de la provincia de Guanacaste, ha sido definido como un acuífero libre, compuesto por tres capas: en la parte superior una capa de suelo arenoso, seguido por una capa de gravas y arenas de un espesor de 20 m aproximadamente, a esta secuencia le subyace una capa de suelos y lavas meteorizadas y fracturadas, las cuales se ubican sobre el basamento desarrollado en el Complejo de Nicoya. La recarga total al acuífero, obtenida del balance hídrico, es de 1.560,937 l/s. conforme Agudelo & García, 2014

Mediante la Fase I del proyecto Simastir, se acondicionaron seis puntos de monitoreo dentro del acuífero distribuidos estratégicamente en su extensión (Fig. 6.1). Con la información disponible, si es posible comparar el comportamiento de las variaciones del nivel de agua durante la mayor influencia de la época seca y el inicio de la época lluviosa para el 2017. Así mismo se analiza la influencia directa de los efectos de la tormenta tropical Nate (04-07 de octubre) con las variaciones de niveles de agua en el acuífero.

La información general de los puntos de monitoreo se presenta en el Cuadro 1 y las principales actividades realizadas para su instalación se ilustran en Figura 6.2.

Cuadro 6.1. Listado de los puntos de Monitoreo

POZO	TIPO	USO
MT-228	EN APROVECHAMIENTO	RIEGO
MT-229	EN APROVECHAMIENTO	RIEGO
MT-232	EN APROVECHAMIENTO	RIEGO
MT-433	ARTESANAL	DOMÉSTICO
MT-434	EN APROVECHAMIENTO	POBLACIONAL
MT-435	EN APROVECHAMIENTO	POBLACIONAL



Fig. 6.1. Área donde se ubica el Acuífero Caimital y distribución de los puntos de monitoreo del proyecto SIMASTIR

Fig. 6.2. Sitios de Monitoreo Acuífero Caimital



MT-228



MT-229



MT-232



MT-433



MT-434



MT-435

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Caimital

Gráficas del comportamiento del nivel freático
(31 diciembre 2016-31 diciembre 2017)

Esta red de monitoreo, posee seis sitios de registro, todos con aprovechamiento.

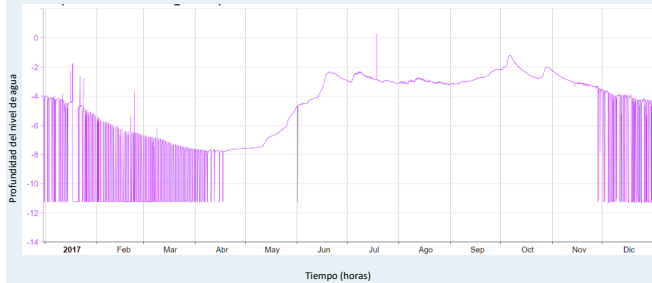


Fig. 6.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MT-228

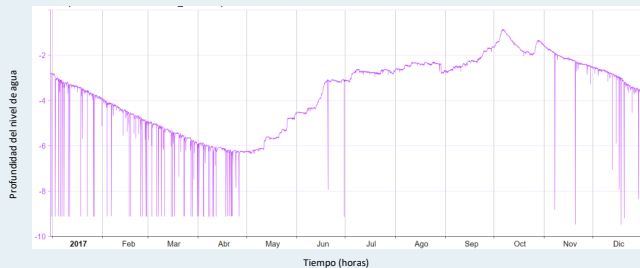


Fig. 6.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MT-433

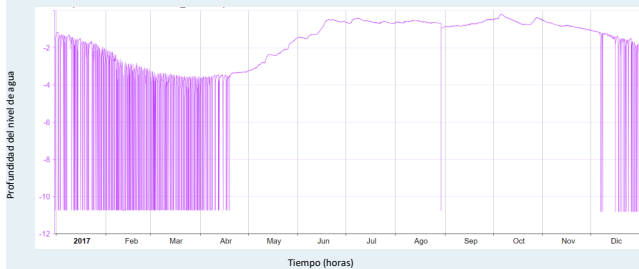


Fig. 6.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MT-435

A continuación se presenta el análisis del registro disponible de cada uno de los pozos monitoreados bajo el proyecto Simastir. Con el fin de valorar el comportamiento registrado de forma natural y bajo la influencia de la Tormenta Nate.

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Los pozos que se encuentran en la parte mas baja de la cuenca (Figs. 6.3, 6.4 y 6.5) reportan descensos del nivel freático de aproximadamente 4 m durante la época seca. Sin embargo, el ascenso el mismo se asocia directamente con el inicio de la época lluviosa, mostrándose una recuperación del nivel en un máximo de 2 meses. De esta forma a partir de la primer semana de junio los niveles del acuífero superan los valores registrados a inicio del año. A partir de este momento, se muestra un aumento progresivo del nivel freático, evidenciándose una importante recarga directa.

Con respecto al pozo MT-435 (Fig. 6.6), el descenso en el nivel es de aproximadamente 5 metros, registrándose en este sitio el mayor descenso en el acuífero durante la época seca del 2017. Sin embargo, la respuesta en este sector es semejante a la del resto del acuífero, siendo que para finales de junio ya ha alcanzado su valor mayor y continua en una estabilidad durante la época lluviosa.

Tomando en consideración que las gráficas, presentan los valores de campo sin modificación es importante hacer la aclaración que los saltos de información que se registran a inicios de septiembre en los pozos MT-435 y MT-433, son debidos a un mantenimiento en el equipo de bombeo que alteraron la profundidad de ubicación del sensor el cual mide el valor de la columna de agua que le sobreyace.

Con relación a los pozos MT-232 y MT-434 (Figs. 6.4, 6.5) se observa que el comportamiento del nivel de agua en el acuífero, es muy semejante en los pozos MT-232 y MT-434 presentando una variación máxima de descenso de 1.5-2.0 m como efecto de la época seca durante el año 2017. Con respecto a la recuperación por lluvias, se observa que para junio el acuífero ha alcanzado en el sector de estos dos registros, valores constantes que solo se ven afectados por eventos lluviosos intensos y de corta duración.

Con respecto al pozo MT-435 (Fig. 6.4), el descenso en el nivel es de aproximadamente 5 metros, registrándose en este sitio el mayor descenso en el acuífero durante la época seca del 2017. Sin embargo, la respuesta en este sector es semejante a la del resto del acuífero, siendo que para finales de junio ya ha alcanzado su valor mayor y continua en una estabilidad durante la época lluviosa.

La figura 7 muestra que en el pozo MT-433, el descenso del nivel se evidenció a partir de febrero del 2017, con un cambio de 3.0 m pero que para la primer semana de mayo ya había sido recuperado.

Con respecto a los efectos de la tormenta Nate en el nivel freático, se observa que para todos los sitios de monitoreo, el aumento es menor a 1.0 m en el periodo comprendido por la influencia directa del fenómeno climático, por lo cual no es tan determinante como en los otros acuíferos monitoreados. Este comportamiento se asocia a dos aspectos, la atenuación de la infiltración directa debido a las condiciones naturales del suelo que sobreyace el acuífero y que para esta zona la cantidad de lluvia caída por efecto de la tormenta fue menor que en el sector norte de la provincia.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Al valorar integralmente el comportamiento de cada punto de monitoreo con relación a su distribución en el acuífero, es posible observar una influencia directa entre el efecto de las lluvias respecto al aumento en el nivel freático. Presentando un desfase temporal el cual es provocado por diferentes características físico-mecánicas de los materiales sobreyacentes del acuífero, así como a las capacidades internas de almacenamiento en él; caracterizando de manera particular el comportamiento de la recarga directa del acuífero en sus distintas secciones.

Con respecto a la tormenta Nate se indica que en los dos días de influencia directa todos los registros muestra un aumento promedio menor de 1.0 m en todos los puntos de registro.

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Caimital

Gráficas del comportamiento del nivel freático
(31 de diciembre 2016-31 de diciembre 2017)

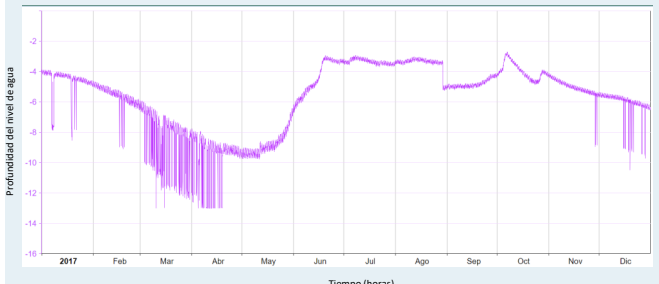


Fig. 6.6 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MT-435

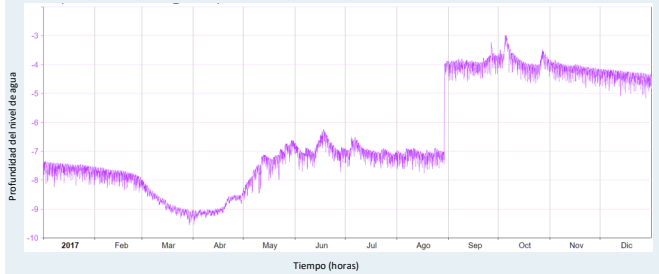


Fig. 6.7 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MT-433

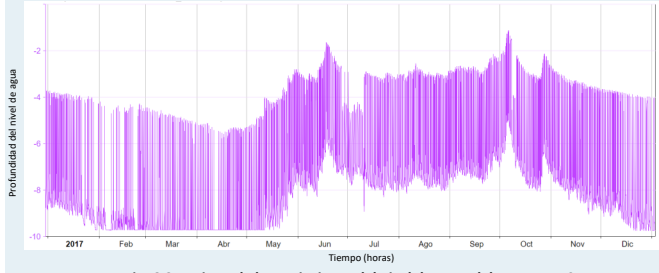


Fig. 6.8 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MT-434

7. ACUÍFERO PLAYA PANAMÁ

El Complejo de Nicoya es su basamento, su meteorización forma suelos arcillosos con espesores entre 1 y 2 m, además presenta fracturamiento considerable debido al tectonismo, aportando una recarga indirecta al acuífero. El acuífero se desarrolla en depósitos continentales sedimentarios recientes, ha sido clasificado como un acuífero libre poroso de 3,9 km² de superficie, cuyo espesor saturado de sedimentos representa un valor superior al 65%. Se encuentra constituido principalmente por conglomerados angulares en una matriz de textura más fina.

El espesor es variable, alcanza hasta 27,4 m., en la zona central y disminuye hacia la zona costera. En algunos sectores es sobreyacido por una capa arcillosa cuyo espesor medio en el sector central es de 6 m aprox., aportando cierta condición de semi-confinamiento al acuífero.

Mediante la Fase I del proyecto Simastir, se acondicionaron tres puntos de monitoreo dentro del acuífero distribuidos estratégicamente en su extensión (Fig. 7.1). Con la información disponible, es posible comparar el comportamiento de las variaciones del nivel de agua durante la mayor influencia de la época seca y el inicio de la época lluviosa para el 2017. Así mismo se analiza la influencia directa de los efectos de la Tormenta Tropical Nate (04-07 de octubre) con las variaciones de niveles de agua en el acuífero.

La información general de cada uno de los puntos de monitoreo se presenta en el Cuadro siguiente, su distribución espacial (Fig. 7.1) y las características de instalación se ilustran en Figura 7.2.

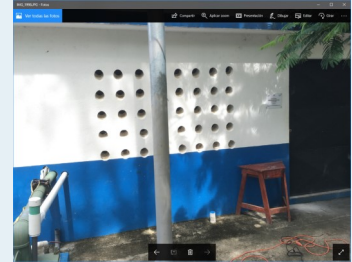
Cuadro #7.1 Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	USO
CN-246	PERFORADO	POBLACIONAL
CN-259	PERFORADO	INVESTIGACIÓN
CN-736	PIEZÓMETRO	INVESTIGACIÓN



Fig. 7.1 Distribución de los puntos de monitoreo del proyecto Simastir en el acuífero Playa Panamá

Fig. 7.2. Sitios de Monitoreo, Acuífero Playa Panamá



CN-246



CN-259



CN-736

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Playa Panamá

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016—31 diciembre 2017)

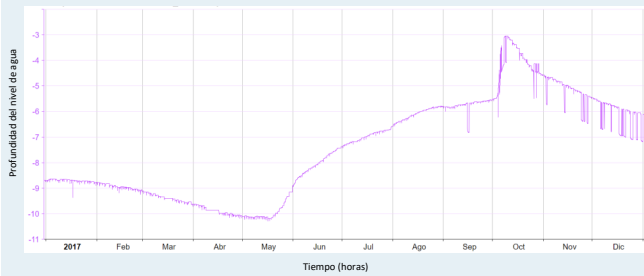


Fig. 7.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-246

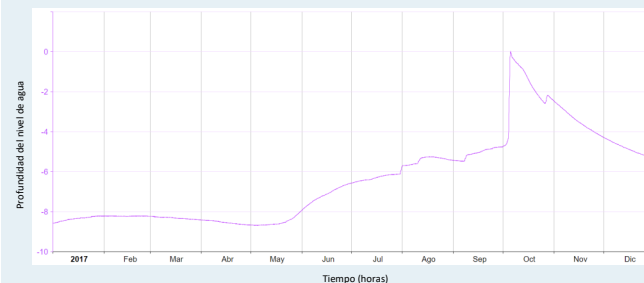


Fig. 7.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-259

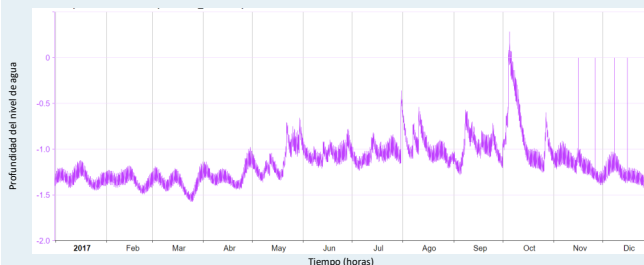


Fig. 7.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-736

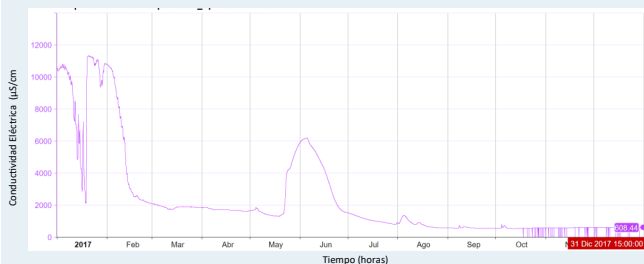


Fig. 7.6 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo CN-259

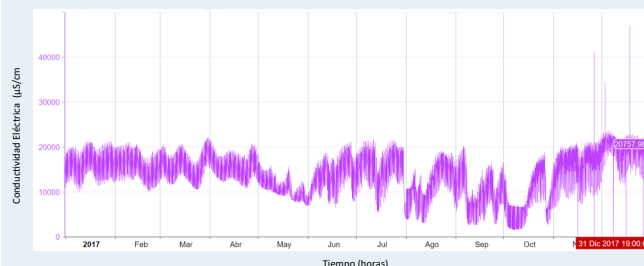


Fig. 7.7 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo CN-736

VARIACIONES EN EL NIVEL FREÁTICO

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Como se observa en las figuras 7.3 y 7.4, el comportamiento de las variaciones de nivel es muy semejante para ambos puntos de monitoreo. Los mismos caracterizan la parte trasera del acuífero (Fig. 7.1), mostrando que para este sector la época seca del 2017 generó un descenso del nivel freático de 1.0 m promedio, afectando la zona hasta mediados de mayo. A partir de esta fecha el nivel asciende, como una respuesta directa a la influencia de las lluvias. Durante el mes de septiembre se observa una mínima variación del nivel, lo cual muestra que para esta fecha se alcanzó de manera natural el máximo valor del nivel freático para este año hidrológico, siendo el mismo 5.5 m para el pozo CN-246 y 4.0 m para el CN-259.

En estos dos sitios de monitoreo el efecto de la tormenta tropical Nate, es muy evidente, puesto que dentro de su periodo de influencia, el pozo CN-246 (Fig. 7.3) registra un aumento de 2.5 m del nivel freático; mientras que el CN-259 (Fig. 7.4) aumentó 4 metros, alcanzando el nivel del suelo.

Con relación a la figura 7.5, se muestra que las variaciones del nivel freático muestran una influencia directa de las mareas en el pozo CN-736. Debido a ello, las variaciones en el registro durante la época seca ligeramente superan los 0.5 m y durante el periodo de influencia de la tormenta Nate el nivel aumenta poco más de un metro, permitiendo alcanzar el nivel del suelo. Ante ello es importante indicar que en esta zona, se presentaron inundaciones como efectos directos.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Mediante la valoración integral del comportamiento del nivel freático en el acuífero, conforme la información generada en los puntos de monitoreo, se indica que existe una influencia directa entre el efecto de las lluvias con el aumento del nivel freático, sin que sea relevante la atenuación de la infiltración por parte de los materiales que sobreyacen el acuífero.

Con respecto a los pozos CN-246 y CN-259; se muestra que la época seca afectó ligeramente el nivel freático (descenso de 1.0 m prom) el cual fue recuperado con las primeras lluvias durante el mes de mayo. Con respecto a la época lluviosa en promedio el nivel freático aumentó 4.5 metros. Lo anterior, sin tomar en cuenta el efecto directo de la tormenta Nate, en cuyo periodo de influencia directa los niveles aumentaron entre 2.5 y 4 metros, conforme se detalló.

La red de monitoreo existente para este acuífero, posee dos puntos de registro de las variaciones de conductividad. Para este análisis se evalúa el comportamiento de la conductividad específica, pues es ésta la que nos permite realizar comparaciones del comportamiento entre los diferentes puntos de monitoreo.

VARIACIONES EN LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

La figura 7.6 muestra el comportamiento de la conductividad específica para el sitio de muestreo CN-259, en donde se muestra que a partir de febrero del año anterior se presentó un descenso constante de los valores hasta agosto, a partir de septiembre se observa un valor constante en este parámetro cercanos a los 600 µS/cm, el cual se mantiene hasta finalizar el 2017.

Es de resaltar que a mediados del mes de mayo y todo junio se presentó un aumento de la conductividad alcanzando un valor mayor de 6000 µS/cm. Esta situación debe ser analizada a detalle, para identificar la causa de este aumento anómalo en la concentración.

Con relación a la figura 7.7, donde se muestran las variaciones de la conductividad en el pozo CN-736, en ella se observa el efecto directo de las variaciones de la marea. Este sitio de monitoreo se convierte en un importante generador de información para la determinación del comportamiento natural del efecto mareal en el acuífero, y permitirá mediante investigación detallada determinar la retención natural del medio a la intrusión salina.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Con los registros disponibles se obtienen las siguientes observaciones generales, a las cuales es necesario darle seguimiento para poder determinar si el comportamiento registrado durante el 2017 es el comportamiento promedio del acuífero respecto a la conductividad o evidencia alteraciones anómalas a las cuales debe identificarse las fuentes de origen.

Para ambos puntos de monitoreo, no se observa una variación del comportamiento de los valores en el periodo de afectación de la tormenta tropical Nate.

8. ACUÍFERO PLAYA DEL COCO

Es un acuífero libre, desarrollado en depósitos coluvio-aluviales del cuaternario (gravas, arenas bloques inmersos en una matriz arcillosa), posee un área de 7,43 km² y un espesor promedio es de 13 m. mediante pruebas de bombeo se le calculan valores promedio de transmisividad de 921 m²/día, conductividad hidráulica de 47,18 m/día y un coeficiente de almacenamiento 0,2. La recarga principal es directa por infiltración, asimismo se presenta una recarga lateral proveniente de los materiales del Complejo de Nicoya.

Mediante la Fase I del proyecto Simastir, se acondicionaron seis puntos de monitoreo, distribuidos estratégicamente en su extensión (Fig. 8.1). Con la información disponible, es posible comparar el comportamiento de las variaciones del nivel de agua durante la mayor influencia de la época seca y el inicio de la época lluviosa para el 2017. La información general de los puntos de monitoreo se presenta en el Cuadro 8.1 y las principales actividades realizadas para su instalación se ilustran en Figura 2.

Cuadro 8.1 Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	USO
CN-735	PIEZÓMETRO	INVESTIGACIÓN
CN-741	ARTESANAL	DOMÉSTICO
CN-742	ARTESANAL	DOMÉSTICO
CN-743	ARTESANAL	DOMÉSTICO
CN-744	ARTESANAL	DOMÉSTICO
CN-745	ARTESANAL	DOMÉSTICO

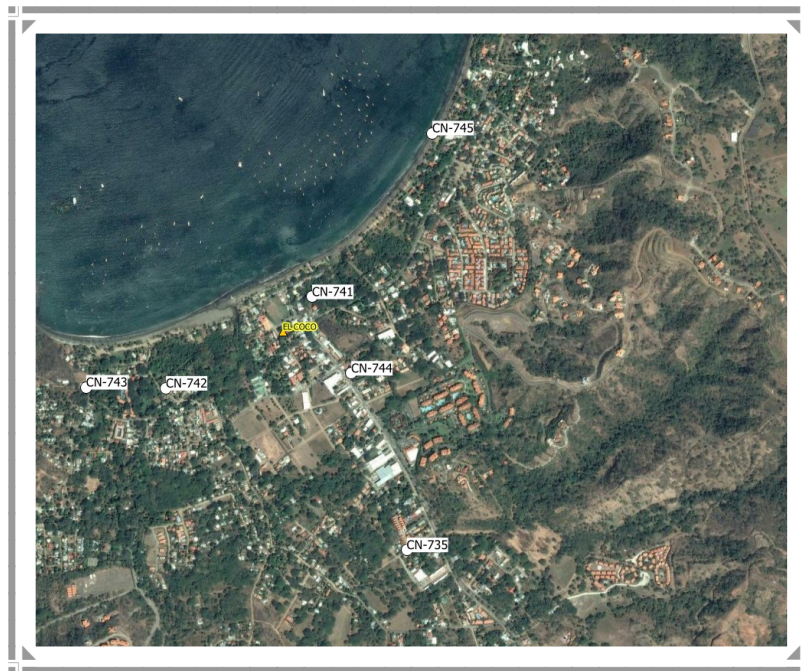


Fig. 8.1 Distribución de puntos de monitoreo del Proyecto SIMASTIR, en acuífero Playa del Coco

Fig. 8.2. Sitios de monitoreo, Acuífero Playa del Coco



CN-735



CN-741



CN-742



CN-743



CN-744



CN-745

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Playa del Coco

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016-31 diciembre 2017)

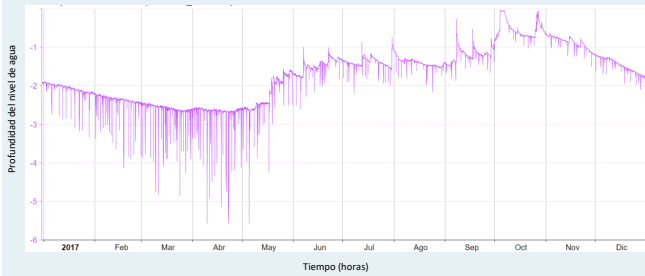


Fig. 8.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-745

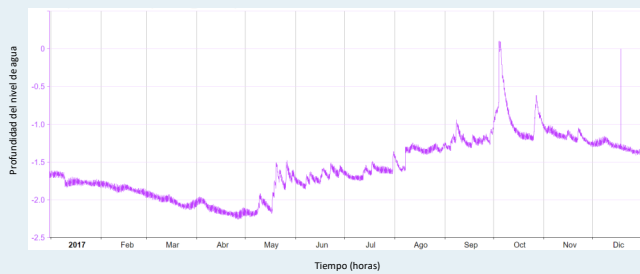


Fig. 8.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-741

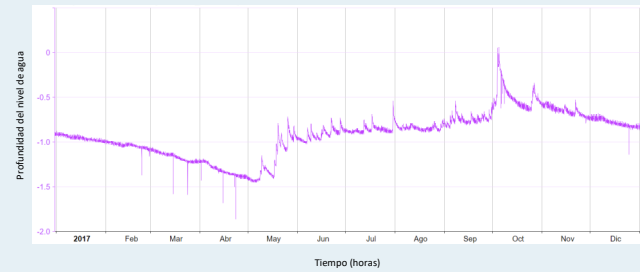


Fig. 8.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-742

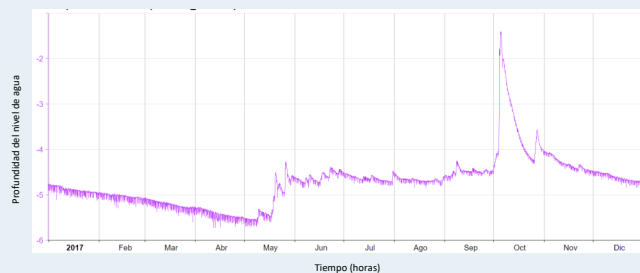


Fig. 8.6 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-743

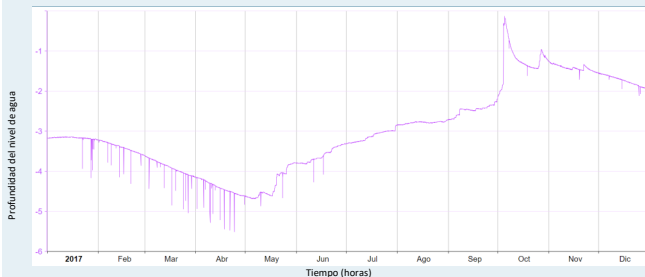


Fig. 8.7 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-744

La red de monitoreo existente para este Acuífero, posee 6 puntos de registro. A continuación se presenta el análisis de las variaciones del nivel freático. Con el fin de valorar el comportamiento registrado de forma natural y bajo la influencia de la Tormenta Nate.

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Los sitios de monitoreo CN-745, CN-741, CN-742 y CN-743 (Figuras 8.3, 8.4, 8.5 y 8.6) se encuentran ubicados estratégicamente como una banda frente a la costa, con el fin de mostrar el comportamiento del nivel freático en forma de banda costera. De esta forma se muestra que el comportamiento general del acuífero es constante, con variaciones máximas de nivel en la época seca menores a 1 metro. En todos los casos con el inicio de la época lluviosa inicia el ascenso de nivel, mostrando que para finales de junio, ya se ha recuperado el nivel perdido en la época seca y luego el ascenso es lento presentando un comportamiento casi horizontal en sus valores. Con respecto al efecto de la tormenta Nate, en todos los casos se observa un importante aumento del nivel freático en el periodo de influencia siendo menor en el CN-745 (Fig. 8.3) y mayor en el CN-743. En todos los casos los registros reportan valores muy cercanos al nivel del suelo, sin embargo, inmediatamente se supera el efecto directo del fenómeno climatológico, los valores vuelven a ser los mismos registrados previo al evento (a diferencia de otros acuíferos), por lo cual se muestra que la infiltración en el sector costero es muy alta pero que el agua producto de este fenómeno no fue almacenada como recarga al acuífero.

Con respecto a los pozos CN-744 y CN-755 (Figs. 8.7 y 8.8); éstos permiten juntos con el CN-741 (Fig. 8.4) formar un perfil del comportamiento del acuífero hacia su parte interna (costa-zona montañosa). Ellos muestran que conforme se avanza hacia la parte interna del acuífero aumenta el descenso del nivel como efecto de la época seca, siendo en CN-741 $\Delta < 1.0$ m; CN-744 $\Delta \leq 2.0$ m y en CN-735 $\Delta \leq 3.0$ m. Así mismo se observa que para los pozos CN-744 y CN-735, en el mes de julio se da una recuperación total del descenso del nivel producido en la época seca y se continúa con un proceso ascendente del nivel.

Con relación al efecto de la tormenta Nate, se evidencia una respuesta inmediata de aumento del nivel freático en el periodo de influencia directa (entre 3 y 5 m), sin embargo, al contrario de los pozos ubicados frente a la costa, estos niveles no se drenan fácilmente y permanecen en el acuífero en una cantidad mayor al 50% del nivel que aumentó.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Conforme un análisis integral del comportamiento de los registros, los efectos directos de la tormenta Nate evidenciaron que, si bien es cierto que existe una respuesta directa entre el nivel freático y las lluvias, los aumentos del nivel son más permanentes en la parte interna del acuífero.



Fig. 8.8 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CN-735

Variaciones de conductividad en el Agua Subterránea - Acuífero Playa del Coco

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016—
31 diciembre 2017)

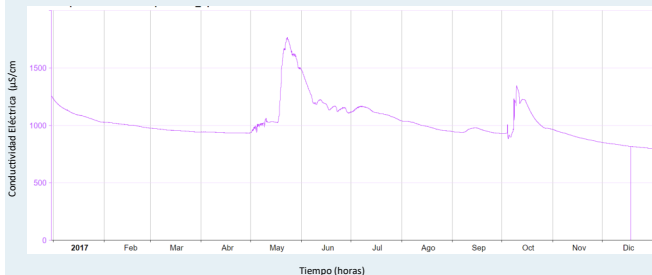


Fig. 8.9 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo CN-741



Fig. 8.10 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo CN-742

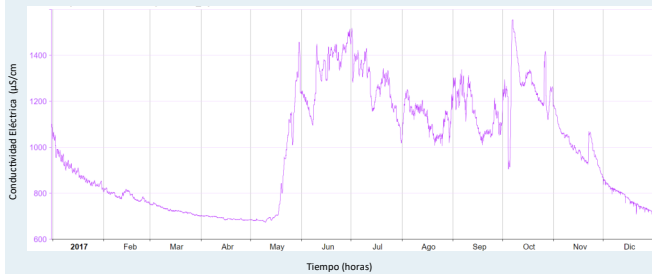


Fig. 8.11 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo CN-743

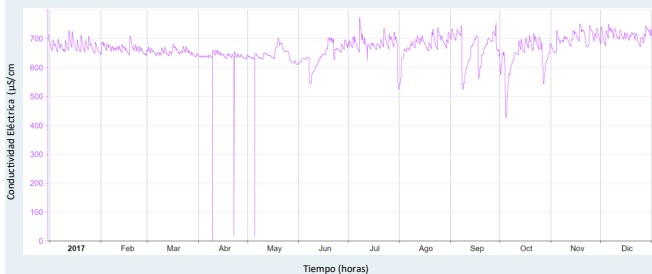


Fig. 8.12 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo CN-745

La red de monitoreo existente para este Acuífero, posee cuatro puntos de registro de las variaciones de conductividad eléctrica. Para este análisis se evalúa el comportamiento de la conductividad específica, pues es ésta la que nos permite realizar comparaciones del comportamiento entre los diferentes puntos de monitoreo.

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Como se puede observar en las figuras 8.9, 8.10, 8.11 y 8.12; las gráficas no muestran una tendencia semejante en ellas, mas bien son ejemplo de un comportamiento variable de las concentraciones de conductividad en el acuífero.

Sin embargo, de manera general se observa que todos los valores superan la norma. Sin embargo los monitoreos paralelos a la costa (Pozos CN-741, Cn-742 y CN-743) muestran un comportamiento descendente de la conductividad en los meses de época seca y ascendente en la época lluviosa. Este comportamiento debe ser estudiado detalladamente mediante la continuidad de los registros, para determinar si es representativo del comportamiento normal del acuífero o solo es el reflejo de un comportamiento anómalo.

Con respecto al pozo CN-745 (Fig. 8.12) es evidente la influencia de las mareas en los registros, por lo que al igual que en el caso de Playa Panamá, puede ser utilizado para valorar la retardación del medio a la influencia de las mareas en el acuífero.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Es importante indicar que la conductividad eléctrica es un parámetro que emana una alerta respecto a una posible intrusión salina, pero por si misma no es el indicador de esta condición. De esta forma, los valores reflejados en estas gráficas nos brindan una alerta que también se debe proceder a realizar muestreos sistemáticos de calidad de agua que nos permitan determinar las condiciones reales del acuífero respecto a una intrusión salina. Así mismo deben realizarse campañas de revisión de fuentes de generación de estas anomalías y controles mas estrictos en la extracción del agua en el acuífero.

9. ACUÍFERO PLAYA BRASILITO

Mediante investigaciones previas, el acuífero ha sido categorizado como libre, con espesores mínimos entre 4 y 72 m para los gabros, y entre 3 y 11 m de espesor para los aluviones. Los niveles de agua se encuentran entre 5 y 112,2 m.s.n.m. para pozos que captan gabros, con una dirección de flujo noroeste y una gradiente de 0,03 – 0,09 (fig. 20); entre 4 y 11,5 m.s.n.m. para pozos que captan aluviones, con dirección de flujo hacia el oeste; y entre 1,4 y 32,4 m.s.n.m. para pozos que captan ambas litologías, con dirección de flujo hacia el noroeste y gradiente de 0,014 – 0,019 (fig. 9.1). En los meses más secos, el nivel puede disminuir desde 1 m hasta más de 9 m. Conforme pruebas de bombeo en el registro de pozos del Senara, la transmisividad está entre 37,6 y 395,28 m²/d, y la conductividad hidráulica de 8,2 – 32,9 m/d.

La información general de los puntos de monitoreo se presenta en el Cuadro 9.1 y las principales actividades realizadas para su instalación se ilustran en Figura 9.2.

Cuadro 9.1 Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	REFERENCIA
MTP-85	PERFORADO	DOMESTICO
MTP-86	PERFORADO	TURISTICO
MTP-356	PERFORADO	POBLACIONAL



Fig. 9.1 Distribución de puntos de monitoreo del Proyecto SIMASTIR en acuífero playa Brasilito

Fig. 9.2 Sitios de Monitoreo, Acuífero Playa Brasilito



MTP-85



MTP-86



MTP-356

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Playa Brasilito

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016—31 diciembre 2017)

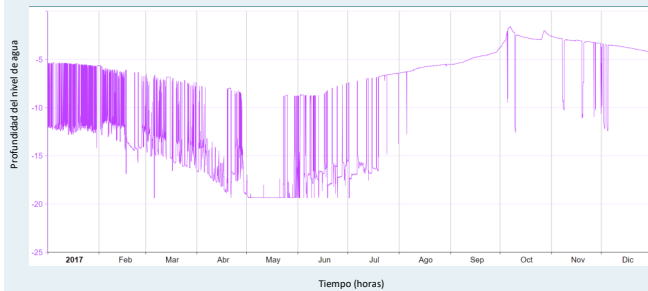


Fig. 9.3 Registro de las variaciones de nivel del agua del pozo MTP-85

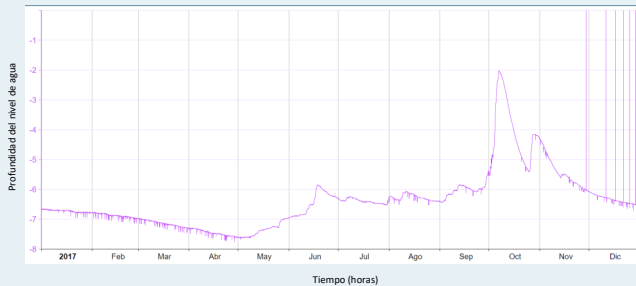


Fig. 9.4 Registro de las variaciones de nivel del agua del pozo MTP-86

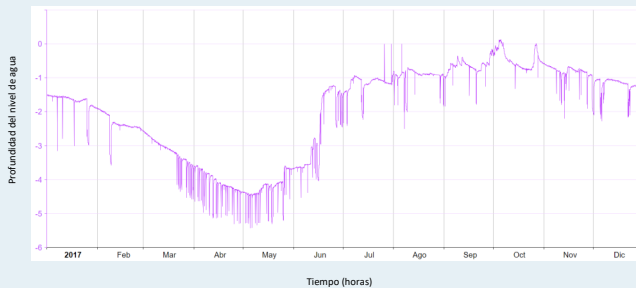


Fig. 9.5 Registro de las variaciones de nivel del agua del pozo MTP-356

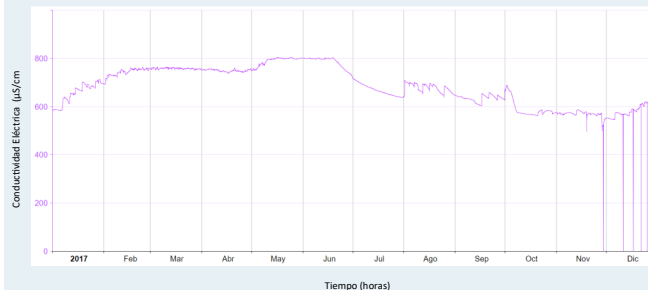


Fig. 9.6 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo MTP-86

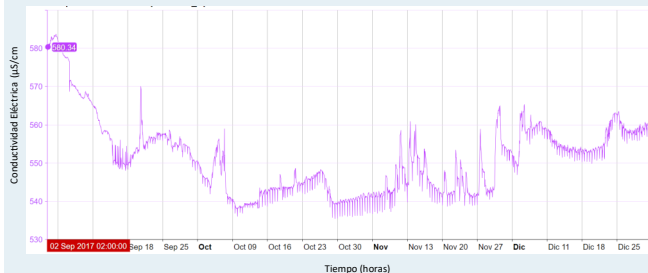


Fig. 9.7 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo MTP-356

VARIACIONES EN EL NIVEL FREÁTICO

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Las gráficas representan diferentes comportamientos del nivel freático en el acuífero Brasilito, evidenciando la respuesta a la época de lluvias (recarga directa). De esta forma se observa que para el sector donde se ubica el pozo MTP-85 (Fig. 9.3) la diferencia mayor de nivel alcanzado en la época seca fue de 3 metros, mediante un descenso paulatino que requirió de aproximadamente 4.5 meses, a mediados de junio ante el efecto de las lluvias se inicia el ascenso del nivel freático, recuperando en septiembre, el nivel de inicios de año. Para este sector la influencia de la tormenta Nate, generó un aumento abrupto del nivel en 2 metros el cual luego del efecto directo disminuyó 1 metro e inició el descenso paulatino. Así mismo, en esta figura se muestra que la extracción del pozo se presentó de forma continua desde el inicio de año hasta el mes de julio inclusive.

Con respecto al pozo MTP-86 (Fig. 9.4) la variación máxima de nivel en época seca es de 1 metro y el aumento del mismo, influenciado por la presencia de las lluvias se registra desde inicios de mayo, recuperando el nivel inicial del año en el mismo mes. De esta forma y hasta el mes de septiembre el ascenso continúa, mostrando algunos picos asociados a eventos meteorológicos menores. Sin embargo la influencia directa de la tormenta tropical Nate, generó un aumento muy importante del nivel (4 m aprox), pero que al finalizar su influencia directa también se muestra un descenso abrupto de aproximadamente 3 metros. Luego de finalizada la influencia de la tormenta Nate el descenso es constante y al finalizar el año los niveles son semejantes a los registrados al inicio del mismo.

Con respecto al pozo MTP-356 registra un descenso máximo de 3 metros como efecto de la época seca, sin embargo con la llegada de las lluvias inicia el proceso de ascenso hasta llegar a alcanzar valores casi constantes (fluctuaciones de 0.5 m) a inicios de julio. En este sitio de monitoreo no es muy evidente la influencia de la tormenta Nate. Y al igual que en los casos anteriores, los valores del nivel freático al finalizar el año son semejantes a los registrados al inicio del mismo.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

La recarga directa por lluvias, varía de un sitio a otro en el acuífero, por lo que deben ser analizadas de forma detallada las condiciones de cobertura del acuífero. Sin embargo para todos los casos el nivel freático al inicio del año es semejante al valor al finalizar el año.

VARIACIONES EN LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Con relación a la Figura 6 (Pozo MTP-86) los valores de la conductividad eléctrica fluctúan entre 600 y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Presentando los menores valores durante la época lluviosa. Los registros del pozo MTP-356 inician en septiembre, sin embargo muestran al igual que el pozo anterior, un descenso asociado a la época lluviosa mostrando rangos entre 540 y 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Con los registros disponibles es necesario darle seguimiento para poder determinar si el comportamiento registrado durante el 2017 es el comportamiento promedio del acuífero respecto a la conductividad o evidencia alteraciones anómalas a las cuales debe identificarse las fuentes de origen.

Para ambos puntos de monitoreo, no se observa una variación anómala del comportamiento en el periodo de afectación de la tormenta Tropical Nate.

10. ACUÍFERO PLAYA POTRERO

Conforme los estudios realizados el acuífero es considerado como libre, con espesores mínimos entre 10 y 37 m para los gabros, y entre 2 y 19 m de espesor para los aluviones. Los niveles de agua se encuentran entre 2,22 y 49,16 m.s.n.m. para pozos que captan gabros, con una dirección de flujo de sur – suroeste y una gradiente de 0,04; entre 6,08 y 63,5 m.s.n.m. para pozos que captan aluviones, con dirección de flujo hacia el oeste y gradiente 0,006; y entre 3,84 y 15 m.s.n.m. para pozos que captan ambas litologías, con dirección de flujo hacia el oeste. En los meses más secos, el nivel puede disminuir desde 0,5 m hasta más de 9 m en las partes más altas. Según pruebas de bombeo en el registro de pozos del Senara, la transmisividad está entre 372 y 1581 m²/d, y la conductividad hidráulica de 15,5 – 205,3 m/d.

La información general de los puntos de monitoreo se presenta en el Cuadro 10.1 y las principales actividades realizadas para su instalación se ilustran en Figura 10.2.

Cuadro 10.1 Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	REFERENCIA
MTP-54	PERFORADO	DOMÉSTICO
MTP-354	ARTESANAL	DOMÉSTICO



Fig. 10.1 Distribución de puntos de monitoreo del proyecto Simastir en acuífero playa Potrero

Fig. 10.2 Sitios de Monitoreo, Acuífero Playa Potrero



MTP-54



MTP-354

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Playa Potrero

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016-31 diciembre 2017)

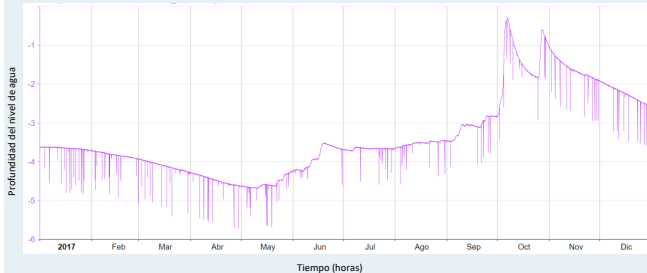


Fig. 10.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MTP-54

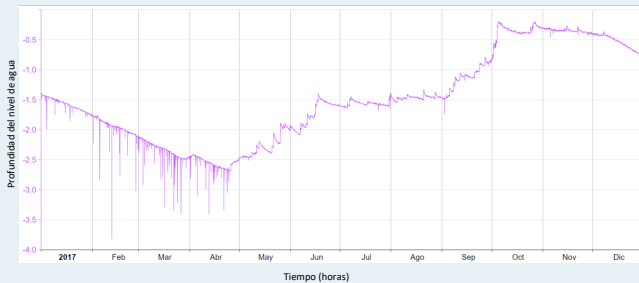


Fig. 10.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MTP-354

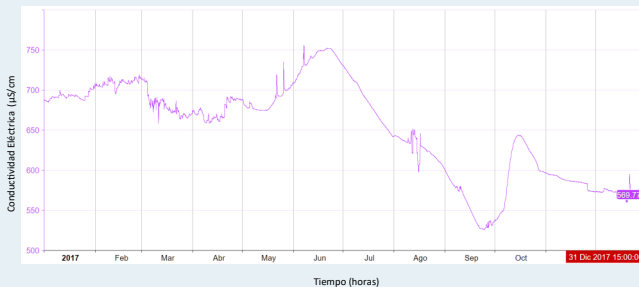


Fig. 10.5 Registro de las variaciones de conductividad específica del agua del pozo MTP-354

VARIACIONES EN EL NIVEL FREÁTICO

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

En ambas gráficas (Fig. 10.3 y 10.4) se muestra en una línea de comportamiento desde la costa hacia la zona mas montañosa, la influencia de la época seca, el acuífero presentó una disminución del nivel freático en 1.5 metros, el cual se recuperó para finales del mes de junio. Luego se observa un comportamiento casi constante del nivel (variaciones no mayores a 0.5 m). Sin embargo las lluvias que se presentaron en setiembre y aunadas con la influencia directa de la tormenta tropical Nate, generó un aumento del nivel hasta casi alcanzar el nivel del suelo. Luego de el efecto de Nate, el descenso del nivel freático es menos pronunciado en el pozo mas cercano a la costa (MTP-354) y que se encuentra en la zona de la planicie. La profundidad del nivel freático al finalizar el año, son 0.5 m mayores que los registrados al inicio del año

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

La recarga directa por lluvias, se evidencia claramente en los dos sitios de monitoreo, sin embargo hay mas capacidad de almacenamiento en el sector cercano a la costa. Se necesitan mas puntos de monitoreo en este acuífero, para determinar de forma mas integral el comportamiento del mismo a lo largo de la costa y hacia las partes altas.

VARIACIONES EN LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Con relación a los valores de la conductividad eléctrica fluctúan entre 600 y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Presentando los menores valores durante la época lluviosa ($\leq 650 \mu\text{S}/\text{cm}$).

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Con los registros disponibles es necesario darle seguimiento para poder determinar si el comportamiento registrado durante el 2017 es el comportamiento promedio del acuífero respecto a la conductividad o evidencia alteraciones anómalas a las cuales debe identificarse las fuentes de origen.

11. ACUÍFERO HUACAS-TAMARINDO

El acuífero se localiza en la zona costera del cantón de Santa Cruz de Guanacaste la cual, posee un creciente desarrollo turístico y habitacional. Esta situación ha desencadenado conflictos por el acceso al agua de los mantos acuíferos entre las comunidades costeras de Santa Cruz con algunos representantes del sector turístico local. Por lo que el Gobierno considera al acuífero Huacas-Tamarindo como de gran importancia para su control y protección. Los estudios realizados muestran un estado de estrés hídrico donde la recarga potencial al acuífero es similar a las extracciones de agua por medio de pozos.

Debido a esto el acuífero se encuentra con restricción a la extracción de agua por pozos desde el 2003, lo cual limita en alguna medida el crecimiento socioeconómico y causa conflictos entre las comunidades, municipalidad, desarrolladores e instituciones del estado, debido a la necesidad de satisfacer las demandas del desarrollo integral de la población.

La información general de los puntos de monitoreo se presenta en la Figura 11.1 y el Cuadro 11.1 y las principales actividades realizadas para su instalación se ilustran en Figura 11.2

Cuadro 11.1. Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	REFERENCIA
MTP-353	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
MTP-355	ARTESANAL	DOMESTICO
VI-236	PERFORADO	DOMÉSTICO
VI-237	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
VI-238	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN
VI-239	PIEZOMETRO	INVESTIGACIÓN



Fig. 11.1 Distribución de los puntos de monitoreo del proyecto Simastir en el Acuífero Huacas-Tamarindo

Fig. 11.2. Sitios de Monitoreo, Acuífero Huacas-Tamarindo



MTP-353



MTP-355



VI-236



VI-237



VI-238



VI-239

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Huacas-Tamarindo

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016-31 diciembre 2017)

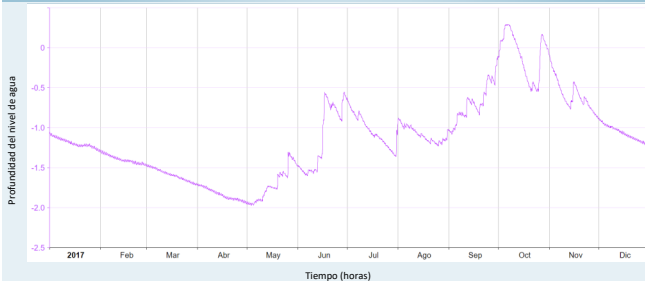


Fig. 3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MTP-355

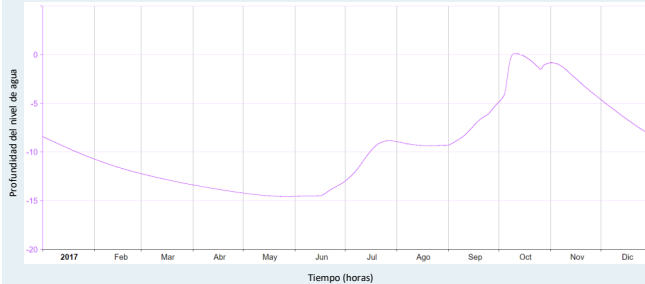


Fig. 4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo MTP-353

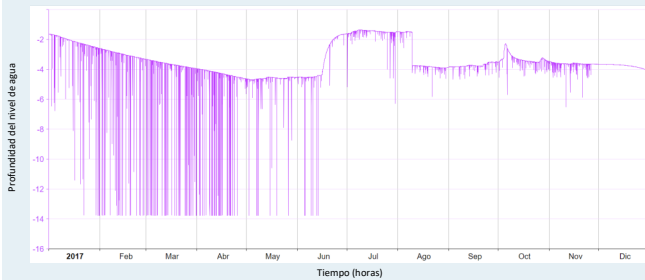


Fig. 5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo VI-236

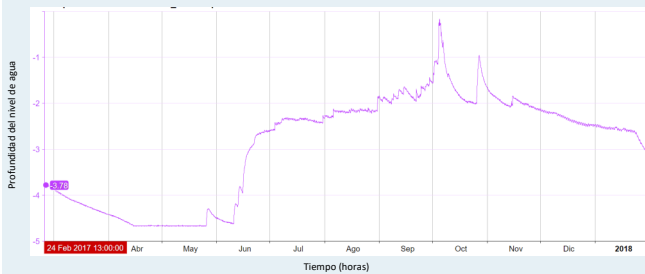


Fig. 6 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo VI-237

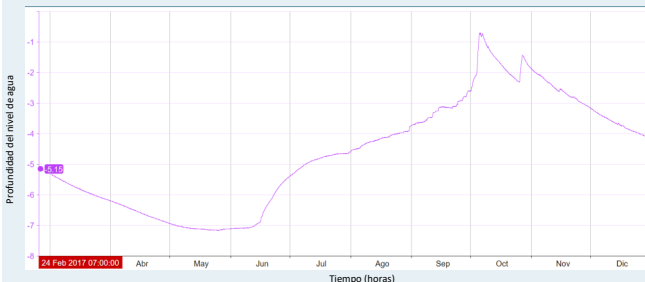


Fig. 7 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo VI-238

A continuación se presenta el análisis del comportamiento del nivel freático en cada uno de los pozos monitoreados bajo el proyecto Simastir, presentando un análisis integral respecto al comportamiento general del acuífero, registrado de forma natural y bajo la influencia de la tormenta Nate. Debido a su extensión el análisis se separa en tres sectores

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

Sector Huacas: representado en los pozos MTP-355 y MTP-353 (Figs 11.3 y 11.4). En este sector se muestra como el efecto de la época seca se extiende hasta mediados de junio. Presentándose diferencias de hasta 7 metros en el sector del pozo MTP-353. A partir de junio el ascenso en el nivel freático presenta una ligera estabilidad durante el mes de agosto y a partir de septiembre continúa el aumento, hasta mezclarse con los efectos directos de la tormenta tropical Nate, ocasionándose que los valores alcancen el nivel de suelo. A partir del inicio de noviembre, inicia el descenso llegando a registrar valores ligeramente menores a los presentados al inicio del año.

Sector Santa Rosa: representado por el pozo VI-236 (Fig. 11.5), contrario a lo que se muestra en los demás gráficos, para este sector el nivel freático no ascendió en la época lluviosa mostrando más bien un comportamiento casi horizontal en sus valores. Se considera apropiado colocar otros puntos de medición cercanos para poder determinar si esta condición es representativa del sector o en su efecto es una característica puntual del sitio de medición.

Sector Tamarindo: estos registros se iniciaron en febrero del año anterior, en este periodo se registra un descenso del nivel de máximo de 2 metros en el sector del campo de pozos Refundores del AyA, el cual se prolonga hasta mediados de junio. A partir de esta fecha el ascenso es constante recuperando el nivel de inicio del registro en menos de 1 mes, lo cual indica que existe una gran influencia directa por lluvias. Este efecto también se representa en el periodo de influencia directa de la tormenta tropical Nate, la cual genera que la profundidad del nivel freático alcance la superficie. Sin embargo, luego de su paso, los niveles freáticos disminuyen rápidamente mostrando al final del año 2017 valores muy cercanos a los registrados al inicio de la gráfica.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Al valorar integralmente el comportamiento de cada punto de los sectores de monitoreo, se observa como la recarga del acuífero proviene del sector de Huacas, siendo en este sector donde las lluvias si logran aumentar de forma permanente el nivel freático. Con respecto al sector de Santa Rosa, es necesario ubicar más puntos de monitoreo, para determinar realmente el comportamiento de la zona, puesto que los valores registrados en el pozo VI-236 son anómalos a las tendencias de toda la región. Con relación al sector de Tamarindo, es necesario colocar sensores que registren las variaciones de la conductividad eléctrica, profundizar el sensor en el pozo VI-237. Con respecto a la tormenta Nate se indica que en los dos días de influencia directa todos los registros muestra un aumento promedio menor de 1.0 m en todos los puntos de registro.

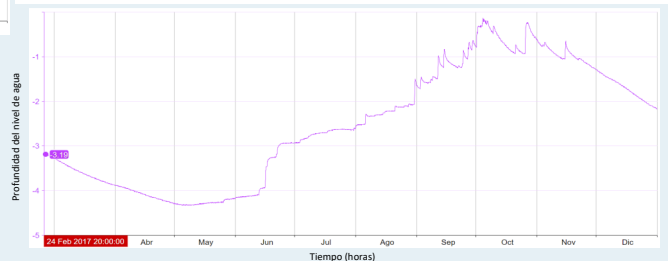


Fig. 8 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo VI-239

12. ACUÍFERO COBANO (CUENCA RÍO MONTEZUMA)

El acuífero se ubica en la provincia de Puntarenas, cantón Puntarenas, distrito Cóbano, específicamente en la cuenca del río Montezuma y tiene un área de 18.39 km².

En el modelo hidrogeológico presentado por Senara se le han identificado cuatro unidades hidrogeológicas distintas: 1) basaltos y radiolaritas del Complejo de Nicoya (basamento), 2) lutitas y areniscas de la Formación Arío (sobreyaciendo al Complejo de Nicoya), 3) areniscas y conglomerados de la Formación Montezuma (sobreyaciendo al Complejo de Nicoya) y 4) depósitos recientes coluvio aluviales. El potencial acuífero de las rocas en esta cuenca es limitado en cuanto a rendimiento, de ahí que los caudales de explotación sean bajos (0.5 a 1 L/s para Complejo de Nicoya y 0.3 a 2 L/s para Formación Montezuma). La porosidad secundaria debida al fracturamiento por tectonismo puede mejorar el potencial acuífero de las rocas. A partir de la configuración de las curvas equipotenciales de las aguas subterráneas y lo observado en los perfiles hidrogeológicos, se considera que existe conexión hidráulica entre las unidades hidrogeológicas del Complejo de Nicoya y la Formación Montezuma (SENARA, 2011)

La información básica de los puntos de monitoreo se presenta en las figuras 12.1 y en el Cuadro 12.1, así también las principales actividades realizadas para su instalación se ilustran en Figura 12.2

Cuadro 12.1 Listado de puntos de monitoreo

POZO	TIPO	USO
RA-28	ARTESANAL	RIEGO
RA-78	PERFORADO	DOMÉSTICO
CY-112	PERFORADO	DOMESTICO

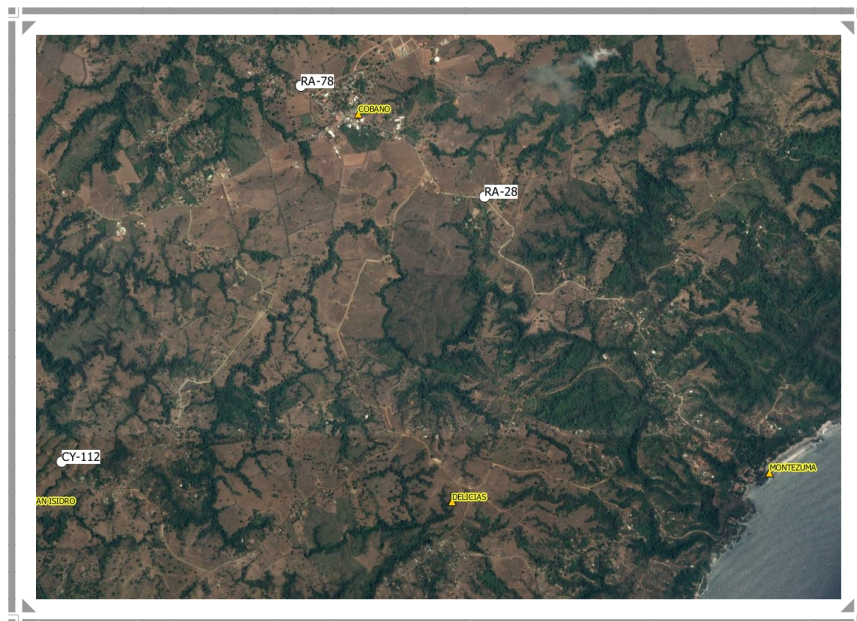


Fig. 12.1 Distribución de puntos de monitoreo del proyecto Simastir Acuífero Cóbano, cuenca del río Montezuma

Fig. 12.2 ACONDICIONAMIENTO DE LOS SITIOS DE MONITOREO



RA-28



RA-78



CY-112

Variaciones de niveles del Agua Subterránea - Acuífero Cóbano

Gráficas del comportamiento del nivel freático (31 de diciembre 2016 al 31 de diciembre 2017)

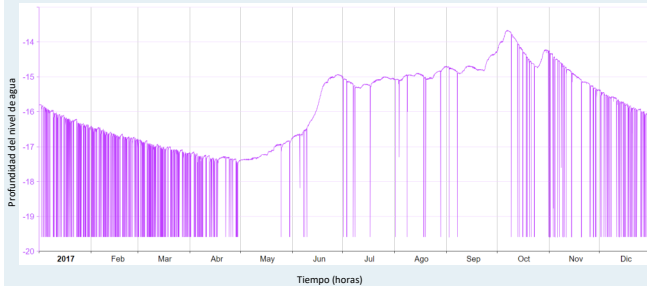


Fig. 12.3 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo RA-28

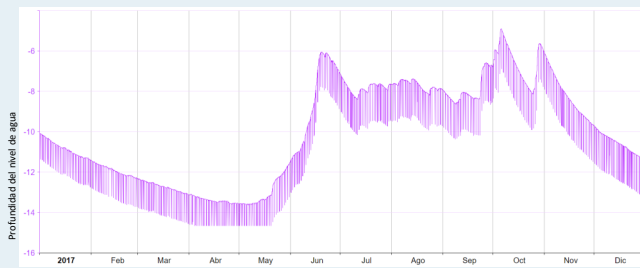


Fig. 12.4 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo RA-78

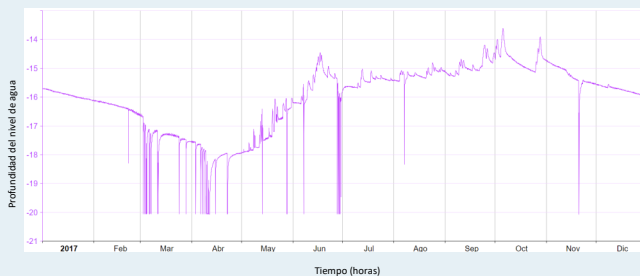


Fig. 12.5 Registro de las variaciones del nivel de agua del pozo CY-112

A continuación se presenta el análisis del comportamiento del nivel freático en cada uno de los pozos monitoreados bajo el proyecto Simastir, presentando un análisis integral respecto al comportamiento general del acuífero, registrado de forma natural y bajo la influencia de la Tormenta Nate.

Relación de las Estaciones Seca-Lluviosa, 2017:

No obstante las distancias entre los pozos de monitoreo, los registros presentan a manera global un mismo comportamiento. Donde el máximo descenso del nivel freático durante la época seca presenta una diferencia de 1.5 metros (Fig. 12.3) y cercano a los 4 metros en los pozos de las figuras 12.4 y 12.5.

Sin embargo, los niveles se han recuperado para inicios de junio y el ascenso del nivel continua hasta alcanzar entre los meses de julio –septiembre una pseudo-estabilidad (variaciones menores a 0.5 m), que viene a ser alterada por los efectos de la tormenta tropical Nate. No obstante estar el sector de Cóbano distante de la zona de afectación directa de este fenómeno, los registros muestran un aumento anómalo de 1.5–2 metros del nivel freático, el cual desciende directamente a la desaparición de la influencia directa del fenómeno meteorológico. Luego de ello los niveles freáticos descienden hasta alcanzar al finalizar el año, valores iguales o ligeramente inferiores a los registrados al inicio del año.

⇒ CONCLUSIONES GENERALES:

Los sitios de monitoreo muestran una estabilidad en el acuífero, donde el descenso de niveles en época seca, rápidamente se recupera al inicio de la época lluviosa y aumentando el nivel mientras se encuentran presentes las lluvias hasta alcanzar un nivel semi-estable, que luego desciende al desaparecer las lluvias alcanzando los valores iniciales del año.

13. VISION FUTURA DEL PROYECTO SIMASTIR

ACRONIMOS Y SIGLAS UTILIZADAS

A continuación se presenta el listado de los acrónimos utilizados en este documento.

AyA: Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados

DA: Dirección de Agua

Enos: fenómeno meteorológico de El Niño - Oscilación Sur

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

mbns: metros bajo el nivel del suelo

msnm: metros sobre el nivel del mar

Progrih: Proyecto de gestión integrada de recurso hídrico

SENARA: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento

SIMASTIR: Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas en Tiempo Real

ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical

En contraste con el agua superficial, los cambios en cantidad y calidad del agua subterránea, son procesos muy lentos que no pueden ser observados a simple vista mediante recorridos de campo. Por ello, es necesario poseer redes de monitoreo que permitan interpretar las variaciones en la calidad y cantidad de agua en un acuífero, así desarrollar una gestión eficaz del agua subterránea con relación a los impactos que se puedan presentar ante la extracción de agua y la carga de contaminantes.

Para una adecuada valoración del comportamiento del agua subterránea es necesario conocer la condición básica inicial de los acuíferos así como las variaciones del mismo en el tiempo, por lo que el monitoreo de los mismos constituye una herramienta fundamental para la gestión del recurso hídrico subterráneo.

De esta forma, el proyecto Simastir tiene en su visión futura, el desarrollo de los siguientes acciones:

◆ **Mejoramiento continuo del conocimiento de la red de monitoreo**, mediante la revisión continua de los registros.

◆ **Desarrollar alianzas estratégicas** con entidades públicas y privadas, para un rápido aumento en la cobertura nacional de la red.

◆ **Optimizar la red de monitoreo actual**, mediante la calibración y revaloración de la información proporcionada ubicando nuevos puntos de monitoreo en los acuíferos actualmente monitoreados y/o aumentando los parámetros de medición en caso de perseguir un objetivo específico.

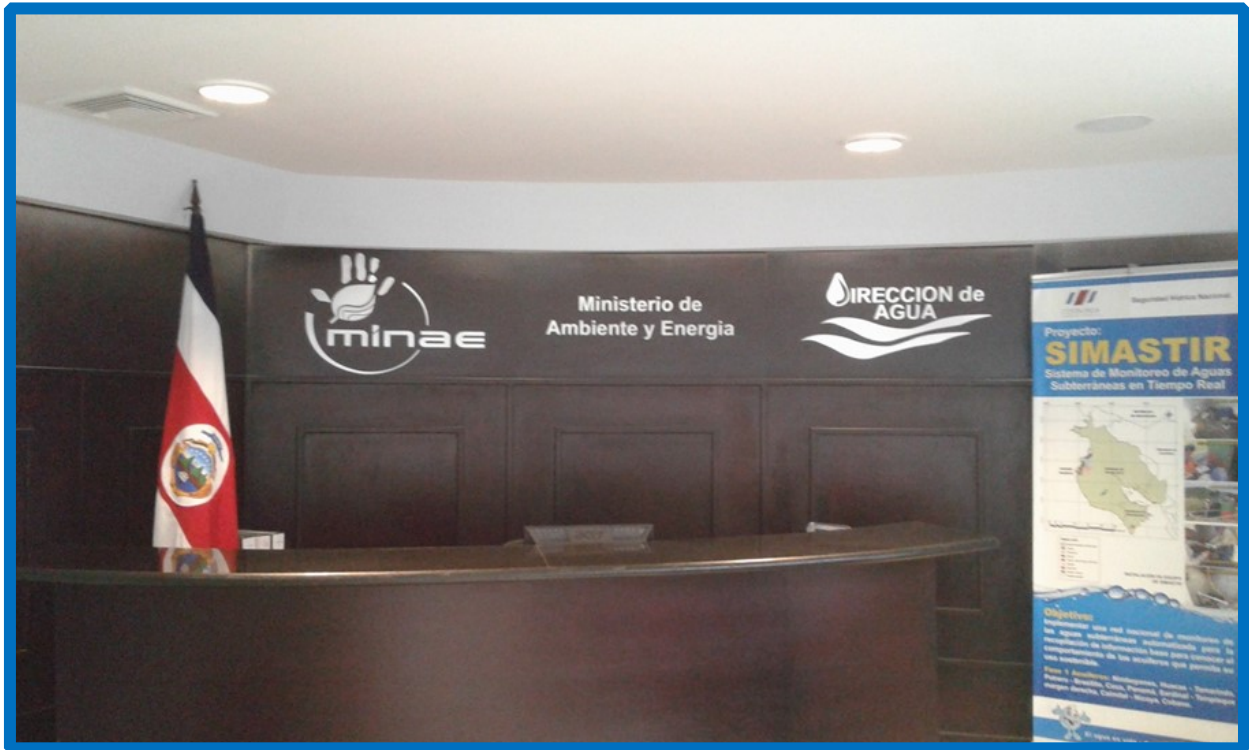
◆ **Aumentar la red de monitoreo** a otros acuíferos en el país. Para ello se realizará una valoración de las condiciones socio-económicas de las regiones y la dependencia del desarrollo ante la disponibilidad del abastecimiento por recurso hídrico subterráneo.

◆ **Implementar un sistema de almacenamiento, interpretación y acceso de la información** que permita a la población el acceso ágil y oportuno de la información generada mediante esta red de monitoreo.

◆ **Convertir los resultados del monitoreo en herramienta fundamental para la toma de decisiones**, mediante el desarrollo integral de gestiones preventivas dirigidas a fundamentar las políticas relacionadas con el recurso hídrico subterráneo. Evitando costosos procesos de remediación de acuíferos o acciones paliativas

“Invertir en conocimientos produce siempre los mejores beneficios”.

Benjamin Franklin .



Redacción Boletín e Información SIMASTIR

Geól. Syra Carrillo Carrillo: 21032647

Departamento de Desarrollo Hidrico

Correo electrónico: scarrillo@da.go.cr

<http://www.da.go.cr/acuiferos/>

“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza.”

Leonardo da Vinci
